ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 JUIN 1912.

PRÉSIDENCE DE M. LIPPMANN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

En présentant à l'Académie la médaille frappée à l'effigie de M. Darboux et le Volume intitulé : *Éloges académiques et Discours, publiés par le Comité du Jubilé scientifique de M. Gaston Darboux* (Paris, librairie scientifique Hermann et fils), M. **Appell** s'exprime en ces termes :

« Le Comité du Jubilé scientifique de notre éminent Secrétaire perpétuel tient à cœur, avant de se dissoudre, d'adresser ses meilleurs remercîments aux nombreux souscripteurs qui, dans toutes les situations, dans tous les pays, ont répondu à son appel ; il remercie particulièrement les Membres de l'Académie. Grâce au nombre des souscripteurs, grâce à leur générosité, le Comité a pu faire exécuter par l'éminent artiste, notre confrère M. Vernon, une médaille à l'effigie du grand savant, qui a déjà été distribuée aux adhérents ; il peut, en outre, offrir à chacun d'eux le présent Volume, contenant les Discours et les Éloges académiques prononcés par M. Darboux, les Discours et les Adresses de la fête du Jubilé et les noms de tous les adhérents. »

ASTRONOMIE. — *Sur un projet de* Catalogue général de nébuleuses et d'amas stellaires, *et sur diverses questions que soulève ce projet ;* par M. G. **Bigourdan**.

Il a été publié jusqu'ici deux catalogues généraux de nébuleuses et d'amas stellaires : celui de J. Herschel [1] et celui de M. J.-L.-E. Dreyer, rapportés l'un et l'autre à l'équinoxe de 1860,0.

---

[1] *Catalogue of Nebulæ and Clusters of Stars. — Phil. Trans. of the R. Society of London*, for the year 1864, vol. CLIV, 1865, pp. 1-138.

Le premier, ordinairement désigné par l'abréviation G. C., renferme les positions de 5079 nébuleuses, découvertes principalement par les deux Herschel, par Dunlop, par Lord Rosse et ses collaborateurs à Birr-Castle, et enfin par D'Arrest.

Bientôt après l'apparition de ce Catalogue, en 1865, les découvertes de nébuleuses faites par Marth à Malte et par M. Stéphan à Marseille, nécessitèrent la publication d'un *supplément* (1) qui fut dressé par M. Dreyer et qui ne renferme pas moins de 1172 nébuleuses, numérotées de 5080 à 6251; ce supplément donne, en outre, de nombreuses corrections au catalogue de J. Herschel (G. C.).

Le nombre de nébuleuses nouvelles continuant de s'accroître rapidement, et les positions des anciennes s'étant améliorées, M. Dreyer avait préparé un second supplément, mais il parut préférable de refondre le catalogue de J. Herschel et ses deux suppléments en un seul catalogue (2) qui renferme 7840 numéros, plus une courte liste supplémentaire de 47 nébuleuses (3) publiées pendant l'impression du Catalogue proprement dit. On désigne ce second catalogue général par l'abréviation N. G. C.

Cinq ans après, il fut nécessaire de donner à N. G. C. un premier supplément de 1529 numéros, constitués par des nébuleuses découvertes surtout par MM. Javelle et Swift.

Peu après, la photographie fut appliquée avec le plus grand succès à la recherche des nébuleuses et en révéla un grand nombre de nouvelles entre les mains de M. Max Wolf et de ses collaborateurs à Königstuhl-Heidelberg, et de MM. D. Stewart et E. Frost, dans des stations dépendant de l'Observatoire de Harvard College. En y joignant celles découvertes en même temps par M. Javelle et par M. Swift, l'infatigable M. Dreyer en forme, pour son Catalogue général (N.G.C.), un second supplément (4) publié en 1908 et renfermant 3857 numéros (1530 à 5386).

Le N.G.C. et ses deux suppléments, renfermant les positions de plus de 13000 nébuleuses découvertes jusqu'en 1908, rendent aujourd'hui les plus grands services à tous ceux qui s'occupent de ces astres. Mais, dans les 5 dernières années, on a signalé environ 4000 nébuleuses nouvelles (5). En outre, l'équinoxe de N.G.C. est à plus de 50 années

---

(1) *A supplement to Sir John Herschel's « General Catalogue of Nebulæ and Clusters of Stars ».* — *R. Irish Acad. Trans.*, vol. XXVI, Science, 1877, pp. 381-426.

(2) *A New General Catalogue of Nebulæ and Clusters of Stars*, being the Catalogue of the late Sir John F. W. Herschel, Bart., revised, corrected and enlarged. — *Mem. of the R. Astronomical Society*, vol. XLIX, 1890, pp. 1-237.

(3) Ces 47 nébuleuses ont été insérées dans le premier supplément de N. G. C. indiqué ci-après : *Index Catalogue of Nebulæ* found in the years 1888 to 1894, with Notes and Corrections to the New general Catalogue. — *Mem. of the R. Astr. Society*, vol. LI, 1895, pp. 185-228.

(4) *Second Index Catalogue of Nebulæ and Clusters of Stars*, containing objects found in the years 1895 to 1907, with Notes and Corrections to the New General Catalogue and to the Index Catalogue for 1888-94. — *Mem. of the R. Astr. Society*, vol. LIX, pp. 105-198.

(5) Sur ce nombre, environ 1600 se trouvent dans les listes 8-12 de Königstuhl; et M. E. C. Pickering a annoncé la prochaine publication d'une liste de 1659 nébuleuses nouvelles, découvertes photographiquement par M. S. I. Bailey (*Contents of Annals of Havard Coll. Obs.*, 1911, p. 36).

en arrière de notre époque, ce qui en rend l'usage laborieux et incertain. Enfin, les nombreuses mesures précises de nébuleuses faites dans les dernières années permettraient d'améliorer beaucoup de positions anciennes.

La publication d'un nouveau Catalogue général de nébuleuses serait donc utile. Mais ce travail, que j'ai entrepris, soulève un certain nombre de questions qu'il me paraît utile de soumettre aux astronomes : j'espère que ceux qui s'intéressent à ce sujet voudront bien faire connaître leur avis.

I. A l'exemple de W. Herschel, son fils J. Herschel, puis M. Dreyer, ont réuni dans leurs catalogues des objets tout à fait différents, les *nébuleuses* proprement dites et les *amas*. Y a-t-il lieu de continuer ainsi, ou doit-on, dès maintenant, publier des catalogues distincts de ces deux sortes d'objets?

Pour W. Herschel, la réunion des amas et des nébuleuses s'imposait, en quelque sorte, car à l'époque où il publiait ses catalogues, il pensait que les nébuleuses non résolubles sont de même nature que les amas : alors la différence d'aspect tenait pour lui à la distance, qui aurait empêché de résoudre les plus éloignés.

Mais on sait depuis longtemps, et le spectroscope a confirmé, qu'il existe en grand nombre des nébuleuses proprement dites, essentiellement irrésolubles, car elles sont de nature gazeuse.

En principe, il semble donc préférable de cataloguer séparément les nébuleuses et les amas. Mais immédiatement il se présente plusieurs objections :

1° L'aspect de ces deux sortes d'objets est très varié, et le passage des uns aux autres se fait d'une manière tout à fait graduelle ; la distinction, généralement facile entre les nébuleuses et les amas brillants, est difficile pour les faibles, et comporte une bonne part d'arbitraire.

2° Nombre d'amas sont entremêlés de nébulosité, parfois irrégulièrement et sur une grande étendue; il faudrait donc les faire figurer sur les deux listes; même, de tels objets pourraient avoir un seul numéro sur l'une et plusieurs sur l'autre.

3° Sur les 7840 objets du N. G. C., 620 à très peu près sont indiqués comme étant des amas ([1]). Ils appartiennent d'ailleurs à plusieurs types.

([1]) Les amas sont très inégalement répartis sur les 24^h d'ascension droite : ils sont accumulés de 5^h à 8^h et de 16^h à 21^h. Cette distribution, nettement différente et en quelque sorte complémentaire de celle des nébuleuses, montre bien que ces deux sortes d'objets ne sont pas de même nature.

Pour l'usage courant n'y aurait-il pas quelque inconvénient à séparer des objets jusqu'ici réunis et à former deux catalogues, dont l'un contient peut-être 20 fois plus d'objets que l'autre? Et, d'autre part, il faut ajouter qu'un catalogue d'amas serait maintenant à peu près définitif.

II. L'application de la photographie à la découverte de nébuleuses nouvelles entraîne aussi des questions embarrassantes pour la formation d'un catalogue général de ces astres.

Ainsi, M. Max Wolf et ses collaborateurs ont trouvé, sur 12 clichés (¹) seulement, plus de 4300 nébuleuses nouvelles. Ces clichés couvrent des carrés d'environ 7° de côté, et l'un d'eux (²) a révélé, vers le pôle nord de la Voie lactée, près de 1500 nébuleuses nouvelles, formant donc un véritable amas de ces astres.

Dans un catalogue général, y a-t-il lieu d'insérer de tels amas en les décomposant, en détruisant, en quelque sorte, leur individualité? Ici, la réponse paraît devoir être négative (³); mais dans d'autres cas, où les amas sont moins riches, moins condensés, on peut hésiter.

En raison de leur faiblesse, beaucoup de ces nébuleuses trouvées photographiquement sont invisibles à l'œil, du moins dans la plupart des grandes lunettes d'aujourd'hui. Ne peut-on pas voir là une raison pour différer encore de les insérer dans un catalogue général?

Il me semble que pour l'usage courant de ce catalogue il vaut mieux y

---

(¹) Sur ces 12 clichés, un seul a été obtenu avec un objectif quadruple de Voigtländer, de 6 pouces d'ouverture, et il a donné à M. Schwassmann les 301 nébuleuses qui forment la liste 2 de Kœnigstuhl. Les 11 autres ont été obtenus avec un objectif analogue, mais de $0^m,406$ d'ouverture et de $2^m,02$ de distance focale.

(²) C'est celui qui a donné la liste 3 de Kœnigstuhl, divisée en zones distinctes de 1° de hauteur.

(³) M. Dreyer n'a pas inséré cette troisième liste dans un *Second Index* et il en donne cette raison, p. 105 : « As these zone-catalogues will be more convenient to the few photographic observers likely to study this small part of the heavens than a catalogue arranged in order of right ascension and extending from pole to pole could possibely be, these objects have not been included in the present reference catalogue. Besides, they ought more properly to be considered, not as separate nebulæ, but as the more conspicuous points of consideration or *knots* in one great mass of nebulosity similar to the nebula of Orion, the great *America-nebula* in Cygnus (N. G. C. 7000 = V 37) and others. »

Et, pour la même raison, il ne comprit pas dans son *Second Index* divers *knots* de la grande nébuleuse du Triangle (M 33 = 598 N. G. C.) qu'il avait mesurés lui-même sur une plaque du Dr I. Roberts.

insérer toutes les nébuleuses, photographiques et autres, faibles et brillantes, par ordre d'ascension droite, et donner à part les amas de nébuleuses; toutefois dans le corps du catalogue, et à l'ascension droite correspondant à la région centrale par exemple, on rappellerait la position et les limites de chacun de ces amas.

Quant aux amas d'étoiles, d'après les raisons exposées ci-dessus, on peut hésiter beaucoup à les grouper dans un catalogue spécial, distinct de celui des nébuleuses.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les développements de Cauchy en séries d'exponentielles et sur la transformation de M. André Léauté.* Note de M. ÉMILE PICARD.

1. Cauchy a donné, comme application du calcul des résidus, des développements remarquables de fonctions de variables réelles en séries d'exponentielles ([1]). Rappelons d'abord le résultat essentiel qu'il a obtenu, en utilisant toutefois quelques notions plus récentes sur la théorie des fonctions des variables réelles.

Soient $\pi(z)$ et $\psi(z)$ deux fonctions entières (holomorphes dans tout le plan) de la variable complexe z, et posons $\chi(z) = \pi(z) - \psi(z)$; soient aussi x_0 et x_1 deux constantes réelles données $(x_0 < x_1)$. Supposons que l'on puisse trouver une suite de circonférences de rayons $r_1, \ldots, r_n, \ldots$ grandissant indéfiniment avec n, telles que, le point z étant dans la partie du plan situé à droite de l'axe des quantités complexes et se trouvant sur ces circonférences, on ait pour n infini

$$\begin{aligned} &\lim \frac{\psi(z)}{\pi(z)} e^{z(x-x_0)} = 0, \qquad \lim \frac{\psi(-z)}{\pi(-z)} = 1 \\ &\lim \frac{\chi(z)}{\pi(z)} = 1, \qquad \lim \frac{\chi(-z)}{\pi(-z)} e^{z(x_1-x)} = 0 \end{aligned} \qquad (x_0 < x < x_0),$$

sauf peut-être pour un nombre limité de directions (plus généralement de directions correspondant à des angles formant un ensemble de mesure nulle), pour lesquelles toutefois les expressions précédentes resteraient inférieures à un nombre fixe.

([1]) Les Mémoires de Cauchy sur ce sujet se trouvent dans ses *Œuvres complètes*, 2e série, t. VII.

L'analyse de Cauchy permet, en introduisant certaines précisions ([1]), de démontrer le résultat suivant. Désignons par λ les diverses racines, supposées simples, de l'équation transcendante

$$\pi(z) = 0,$$

et représentons par $f(x)$ une fonction de la variable réelle x, à variation bornée (au sens de M. Jordan). On a (x étant compris entre x_0 et x_1)

$$(1) \qquad \frac{1}{2}[f(x+0)+f(x-0)] = -\sum \frac{\psi(\lambda)}{\pi'(\lambda)} e^{\lambda x} \int_{x_0}^{x_1} e^{-\mu\lambda} f(\mu)\, d\mu,$$

la sommation s'étendant aux racines λ de $\pi(z)$: c'est la série de Cauchy. Elle comprend, comme cas très particulier, les séries trigonométriques.

2. Dans deux Notes récentes (*Comptes rendus*, 27 novembre 1911 et 2 janvier 1912), M. André Léauté a fait sur ce sujet des remarques extrêmement intéressantes. Il introduit d'abord la notion d'*intervalle limite*, en supposant que z étant toujours dans les mêmes conditions, on ait

$$\lim \frac{\psi(z)}{\pi(z)} e^{z(x_1-x_0)} = l, \qquad \lim \frac{\chi(-z)}{\pi(-z)} e^{z(x_1-x_0)} = \mathrm{L},$$

l et L étant deux constantes finies. Dans ces conditions, la série qui forme le second membre de (1) est égale à

$$\frac{f(x_1-0) - l f(x_0+0)}{2} \qquad (\text{pour } x = x_1),$$

et égale à

$$\frac{f(x_0+0) - \mathrm{L} f(x_1-0)}{2} \qquad (\text{pour } x = x_0).$$

M. André Léauté a ensuite donné une autre forme à la série de Cauchy, dans le cas où $f(x)$ a une dérivée $f'(x)$. Pour plus de simplicité, supposons ici que $f(x)$ et $f'(x)$ sont continues de x_0 à x_1. En appliquant convenablement le théorème des résidus, M. Léauté établit la formule suivante

$$(2) \qquad f(x) = -\sum \frac{\psi(\lambda)}{\lambda\pi'(\lambda)} e^{\lambda x} \int_{x_0}^{x_1} e^{-\lambda\mu} f'(\mu)\, d\mu + f(x_1)\frac{\chi(0)}{\pi(0)} + f(x_0)\frac{\psi(0)}{\pi(0)},$$

([1]) On peut consulter mon *Traité d'Analyse*, 2e édition, t. II, p. 179. Je suppose toutefois que $f(x)$ satisfasse aux conditions classiques de Dirichlet dans la théorie des séries trigonométriques. On peut aisément remplacer ces conditions par la condition plus large de la variation bornée.

la sommation étant toujours étendue aux racines λ de $\pi(z)$ qui est supposé ne pas s'annuler pour $z = 0$. Dans le cas où $\lambda = 0$ est une racine de $\pi(z)$, on a la formule

$$(3)\quad f(x) = f(x_1) - \mathrm{J} - x\frac{\psi(0)}{\pi'(0)}[f(x_1) - f(x_0)] - \Sigma\frac{\psi(\lambda)}{\lambda\pi'(\lambda)}e^{\lambda x}\int_{x_0}^{x_1} e^{-\lambda\mu} f'(\mu)\,d\mu,$$

la sommation étant étendue aux racines de $\pi(z)$ ($\lambda = 0$ exclu), et J étant une constante égale à

$$\mathrm{A} - \frac{\psi(0)}{\pi'(0)}\int_{x_0}^{x_1} \mu f'(\mu)\,d\mu,$$

où A est le résidu, pour $z = 0$, de l'expression $\frac{\psi(z)}{z\pi(z)}[f(x_1) - f(x_0)]$.

Tandis que la formule (1) *de Cauchy n'était pas valable pour les extrémités* x_0 *et* x_1, *la formule* (2) *ou la formule* (3) *reste valable pour* $x = x_0$ *et pour* $x = x_1$.

Après avoir exposé récemment ces résultats dans mon cours, j'ai voulu comparer directement les formules (2) ou (3) à la formule (1). On est ainsi conduit à des identités assez curieuses ne renfermant aucune fonction arbitraire; c'est ce que je vais indiquer rapidement.

3. Supposons d'abord que $\pi(z)$ ne s'annule pas pour $z = 0$. En intégrant par parties les intégrales figurant dans (2), et en se servant de (1), on a une équation où $f(x_1)$ et $f(x_0)$ entrent d'une manière linéaire et homogène. Comme ces valeurs sont arbitraires, on en déduit les deux identités

$$\sum\frac{\psi(\lambda)}{\lambda\pi'(\lambda)}e^{\lambda(x-x_1)} = \frac{\chi(0)}{\pi(0)},$$
$$\sum\frac{\psi(\lambda)}{\lambda\pi'(\lambda)}e^{\lambda(x-x_0)} = -\frac{\psi(0)}{\pi(0)},$$

formules qui sont valables pour x entre x_0 et x_1, *à l'exclusion des extrémités*. On en conclut par soustraction

$$(4)\quad \sum\frac{\psi(\lambda)}{\lambda\pi'(\lambda)}e^{\lambda x}[\psi(0)e^{-\lambda x_1} + \chi(0)e^{-\lambda x_0}] = 0,$$

identité remarquable, qui est valable pour toute valeur de x comprise entre x_0 et x_1, à l'exclusion des extrémités. Il est aisé de montrer, par la même analyse, que le premier membre de (4) est égal à

$$\frac{\chi(0) - \mathrm{L}\,\psi(0)}{2} \qquad (\text{pour } x = x_0)$$

et est égal à

$$\frac{l\chi(0)-\psi(0)}{2} \qquad (\text{pour } x = x_1).$$

On a donc explicitement une série d'exponentielles, *nulle* pour toute valeur de x entre x_0 et x_1, et *différente de zéro* aux extrémités de cet intervalle.

4. Passons au cas où *zéro* est racine simple de $\pi(z)$. On est conduit, par une analyse analogue, aux formules

$$(5) \qquad \begin{cases} \sum \dfrac{\psi(\lambda)}{\lambda\pi'(\lambda)} e^{\lambda(x-x_1)} = 1 - A + x_1 \dfrac{\psi(0)}{\pi'(0)} - x\dfrac{\psi(0)}{\pi'(0)}, \\ \sum \dfrac{\psi(\lambda)}{\lambda\pi'(\lambda)} e^{\lambda(x-x_0)} = \quad - A + x_0 \dfrac{\psi(0)}{\pi'(0)} - x\dfrac{\psi(0)}{\pi'(0)}, \end{cases}$$

la sommation étant étendue aux racines de $\pi(z)$ ($\lambda = 0$ exclu). Ces formules, valables entre x_0 et x_1, ne sont pas valables aux extrémités. On en conclut

$$(6) \qquad (x_0 - x_1)\frac{\psi(0)}{\pi'(0)} + \sum \frac{\psi(\lambda)}{\lambda\pi'(\lambda)}(e^{-\lambda x_1} - e^{-\lambda x_0})e^{\lambda x} = 1 \qquad (x_0 < x < x_1).$$

Le premier membre de l'équation (6) est égal à $\frac{1-l}{2}$ pour $x = x_1$, et égal à $\frac{1-L}{2}$ pour $x = x_0$.

5. Indiquons deux exemples très simples. Tout d'abord la série de Fourier correspond à

$$\pi(z) = e^{az} - 1, \qquad \psi(z) = -1 \qquad (a > 0).$$

On peut prendre ici comme rayon r_n la valeur $\frac{(2n+1)\pi}{a}$. En prenant l'intervalle de *zéro* à a, on a

$$l = L = -1.$$

Il y a une racine nulle pour $\pi(z)$; les formules (5) se réduisent au développement trigonométrique de x, et les termes du premier membre de (6) sont tous nuls, sauf le premier terme qui est bien égal à *un*.

Prenons en second lieu

$$\begin{aligned} \pi(z) &= z(e^{az} + e^{-az}) + h(e^{az} - e^{-az}) \\ \psi(z) &= e^{-az}(z - h) \end{aligned} \qquad (a > 0, h > 0).$$

On prendra $x_0 = -a$, $x_1 = +a$. On peut poser $r_n = \frac{n\pi}{a}$, et l'on a $l = L = 1$. Les racines de $\pi(z)$ sont de la forme $z = \mu i$, les μ étant réels et racines de l'équation

$$\tag{7} \operatorname{tang}\mu + \frac{\mu}{ah} = 0.$$

C'est l'équation qui s'est présentée à Fourier dans le problème du refroidissement d'une sphère, et que l'on rencontre aussi dans le refroidissement d'un mur, une des faces étant maintenue à la température *zéro* et l'autre rayonnant en dehors. L'équation (6) fait connaître une expression de la forme

$$\Sigma A_n \cos\mu_n x + B_n \sin\mu_n x,$$

les A et B étant des constantes faciles à calculer et la sommation étant étendue à toutes les racines positives μ_n de l'équation (7) (*zéro* compris). Cette expression est égale à *un* pour toutes les valeurs de x entre $-a$ et $+a$, et égale à *zéro* pour $x = \pm a$.

NAVIGATION. — *Au sujet du respect dû aux cloisons étanches sur les navires.* Note de M. **L.-E. Bertin.**

J'ai eu l'honneur de déposer le 22 janvier dernier quelques documents d'intérêt historique, relatifs à la protection des navires de guerre par un cloisonnement étanche; j'ai négligé une étude, faite il y a 12 ans au sujet de la protection des paquebots, en employant la méthode d'expériences sur modèles décomposables que j'ai imaginée en 1890 et appliquée d'abord aux bâtiments de guerre.

Je répare aujourd'hui cet oubli, en déposant, pour être insérée dans le même dossier, ma Note de 1900 (*Sur la stabilité des paquebots*).

Je signalerai à cette occasion le respect, peut-être exagéré, que j'ai toujours eu pour les cloisons étanches, et la tendance contraire, sur les chantiers industriels, à tenir compte, par-dessus tout, de la commodité des installations. En voici un exemple appartenant à l'histoire très ancienne.

Dans mon premier travail relatif à la ventilation des navires, celui qui fut jadis présenté à l'Académie par le Général Morin et qui a été inséré aux *Savants étrangers*, j'avais placé le collecteur d'air vicié dans une position très commode, sur les ailes de la cale, dans le fond des soutes à charbon.

Le *Calvados* n'avait pas de cloisons étanches; le conduit de ventilation se trouvait très bien placé. Quelques années plus tard, pour l'application du même système aux transports de Cochinchine *Annamite* et *Mytho*, munis de cloisons transversales étanches, j'ai eu soin de retirer le conduit de la cale, et je l'ai placé dans la batterie basse, au-dessus de la flottaison, malgré l'encombrement qui en résultait. Sur les quatre autres transports qui ont suivi et qui ont été construits par l'industrie, on a eu non moins soin de revenir à la disposition du *Calvados*, qui était plus commode, mais qui assurait l'inondation de la chambre des chaudières dès que la muraille du navire était crevée à la hauteur du collecteur d'air vicié. Je dois reconnaître que ce changement a été généralement approuvé. Un seul des bâtiments ainsi disposé, la *Nives*, a fait naufrage ; il s'est perdu corps et biens. Je veux croire que la position dangereuse du conduit d'air n'y a été pour rien. Je crois cependant que les questions de sécurité doivent toujours primer, et de beaucoup, les conditions de commodité.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Détermination et dosage colorimétrique des plus faibles quantités de fluor.* Note de MM. **Armand Gautier** et **Paul Clausmann.**

Lorsque par la méthode précédemment exposée ([1]) on a condensé tout le fluor d'un minéral, d'une eau ou d'un organe dans une très petite quantité de sulfate barytique, encore généralement souillé d'un peu de silicate, carbonate et chlorure, on procède à la séparation complète du fluor de la façon suivante :

a. Le précipité barytique, après avoir été lavé par centrifugation avec le minimum d'eau alcoolisée, séché et pesé, est introduit dans un creuset d'or spécial (*fig.* 1) de 50^{cm^3} à 55^{cm^3} de capacité. Ce creuset A porte un rebord plat sur lequel peut venir s'appuyer un couvercle D de même métal, dont la partie centrale offre une concavité hémisphérique qui bombe vers l'intérieur du creuset lorsque celui-ci est fermé. Une bague de caoutchouc et une armature extérieure en cuivre permettent de fixer exactement le couvercle sur le creuset grâce à quatre vis.

Le précipité barytique (ou le minéral fluoré en poudre fine s'il est attaquable directement par SO^4H^2), ayant été pesé et versé au fond du creuset,

([1]) Voir ce Volume, p. 1469.

on installe au-dessus de ce précipité un léger trépied S, terminé par un étroit plateau *s*, sur lequel repose une petite cupule C, que l'on remplit d'acide sulfurique (1^{cm^3} à $1^{cm^3},5$) concentré et pur [1]. Les choses ainsi préparées, on suspend au haut du creuset, par trois légères branches s'appuyant sur le rebord, un petit panier de platine ou d'or P, à fond plat, ouvert à quelques millimètres au-dessus de la partie intérieurement bombée du couvercle. Dans ce panier, on met un morceau de potasse caustique pure ($0^g,5$ à $0^g,6$) humectée d'eau. Tout étant ainsi préparé, et le creuset ayant

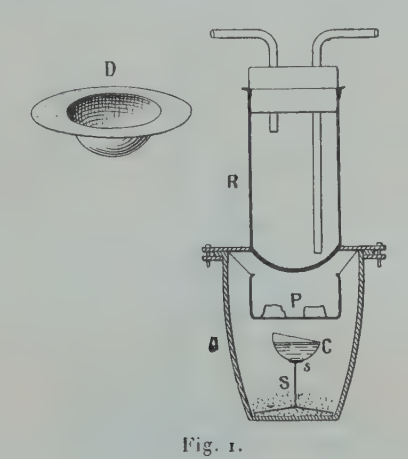


Fig. 1.

été hermétiquement clos, une légère secousse fait chavirer la cupule dont l'acide sulfurique tombe sur la matière qu'il attaque. Les acides fluorhydrique et fluosilicique dégagés sont alors absorbés par la potasse en vase clos. Pour assurer une réaction complète, le creuset est chauffé deux heures à 180°-185° sur un bloc de bronze (*fig.* 2), où il pénètre un peu par le bas, tandis que, grâce à un réfrigérant métallique extérieur R, qui épouse exactement la forme de la concavité du couvercle et où passe un courant d'eau continu, les vapeurs aqueuses et acides que dégage la chaleur à l'intérieur du creuset sont condensées et retombent sans cesse dans le panier à potasse. On sépare ainsi la totalité du fluor sous forme de fluorure et fluosilicate alcalins exempts de toute impureté, à l'exception, quelquefois, d'une trace d'acide chlorhydrique sur laquelle on reviendra.

Nous nous sommes assurés que la présence des phosphates, silicates, sul-

---

(1) Acide privé de fluor par addition de son volume d'eau, concentration et perte à l'ébullition du tiers du volume primitif de l'acide.

fites et chlorures (ces deux derniers n'étant jamais qu'en très faible proportion) n'entravent pas l'exactitude de l'opération (¹).

b. Le contenu du panier à potasse où s'est condensé tout le fluor est alors dissous dans l'eau et porté un instant à l'ébullition pour détruire le fluosilicate; on sature presque par HCl, on ajoute une goutte de phénolphtatéine, puis un peu de sel ammoniac jusqu'à neutralité persistante à chaud. On additionne la liqueur de 3^g à 4^g de carbonate d'ammoniaque et l'on évapore

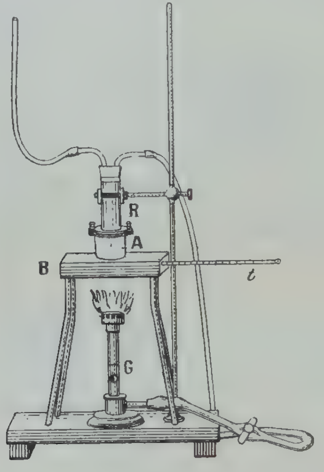


Fig. 2.

à sec. On reprend par l'eau, on filtre pour séparer la silice ainsi précipitée et l'on ajoute à la liqueur 1^{cm^3} à 2^{cm^3} d'une solution normale de sulfate de soude (²), et l'on précipite à l'ébullition par le nitrate de baryum *en léger excès*. On évapore à sec, délaye dans l'eau, ajoute volume égal d'alcool

(¹) Dans le cas, qui peut se présenter quelquefois, où une eau minérale, un minerai, etc., contiennent du bore, le chauffage du précipité barytique au creuset d'or, en présence d'acide sulfurique, fait passer une partie du fluor à l'état de fluoborate qui serait perdu pour le dosage. Il faut, dans ce cas, laver, au préalable, le précipité barytique de première condensation (voir p. 1473) avec une petite quantité d'une solution de chlorure de baryum, continuer ensuite les lavages avec de l'eau alcoolisée, comme il a été dit; ajouter au précipité lavé une pincée de silice pure, sécher et passer alors au creuset d'or. On perd ainsi très peu de fluor. Exemple : Pris une quantité de fluorure de potassium, mélangé de borax, contenant : *Fluor* $= 1^{mg},10$. Obtenu : Fluor $= 0^{mg},96$. On reviendra sur ce cas particulièrement délicat.

(²) Cette quantité suffit pour 2^{mg} à 3^{mg} de fluor. On l'augmenterait pour des proportions plus grandes.

à 95° C., centrifuge, lave à l'alcool à 65° C. *tant qu'il reste une trace de chlorure ou de nitrate*, on sèche et l'on pèse.

Une partie de ce précipité permet de caractériser le fluor (*voir plus loin*); une autre, c'est la principale, sert à son dosage définitif. En général nous opérons sur une quantité de précipité pouvant contenir, d'après un indice quantitatif qu'on indiquera, de 0 à 3^{mg} au plus de fluor.

c. La partie pesée du précipité qui va servir au dosage est placée à son tour dans un petit creuset de platine de 9^{cm^3} à 10^{cm^3} de capacité (*fig*. 3, A, *c*),

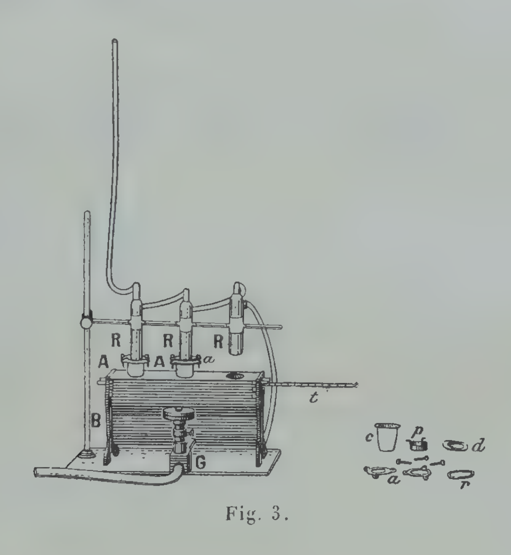


Fig. 3.

construit comme le creuset d'or, avec son rebord plat, son trépied, sa très petite cupule mobile à acide sulfurique (capacité, $0^{cm^3},25$), son couvercle *d* concave pouvant se visser hermétiquement, et son panier de platine *p* suspendu dans l'intérieur au haut du creuset. Mais ici ce panier a été garni de $2^g,5$ à 3^g de cristal très grossièrement pulvérisé et humecté d'eau. Après avoir versé dans la cupule posée sur le trépied de $0^g,2$ à $0^g,3$ d'acide sulfurique pur, on place et visse le couvercle grâce à son armature extérieure; on renverse, par un très léger choc, la cupule à acide sulfurique et l'on chauffe le creuset sur un bloc métallique creusé pour en recevoir le fond (*fig*. 3, B), tandis que l'on refroidit le couvercle grâce à un réfrigérant de cuivre R à eau froide dont le fond s'appuie exactement sur sa face concave extérieure. On chauffe le creuset à 140° durant 5 heures. La totalité du fluor s'unit ainsi aux bases du cristal et forme toujours, pour une même sorte de cristal et une même quantité de fluor, une même proportion de fluorure de plomb que l'on dose comme il va être dit.

Nous nous sommes assurés qu'à 140° et même 160° la vapeur d'acide sulfurique n'arrive pas au cristal. Mais les moindres proportions de chlorures ou de nitrates restés dans le précipité barytique fausseraient le dosage. Aussi est-il toujours prudent, après la distillation, de sécher le cristal et de le laver à l'alcool à 85° C. bouillant qui enlève, sans toucher au fluorure de plomb, le chlorure et le nitrate de plomb qui auraient pu se former. On doit rejeter les opérations où ce lavage indiquerait que le précipité barytique introduit dans le creuset de platine avait été lavé trop imparfaitement.

d. Le fluor est alors déduit de la proportion de plomb que l'acide fluorhydrique a transformée en fluorure.

Pour dissoudre le fluorure de plomb sans toucher à la poudre de cristal, nous employons une solution saturée de chlorate de potasse étendue de 4^{vol} d'eau qui dissout assez facilement ce fluorure sans atteindre aucunement le plomb du cristal (¹).

Après enlèvement complet du fluorure de plomb par lavage du cristal au bain-marie avec la solution de chlorate, les liqueurs filtrées sont réunies; on les étend à 25^{cm^3}; on ajoute à la liqueur deux à trois gouttes de gélatine à 1 pour 100 et l'on fait passer quelques bulles d'hydrogène sulfuré. Le sulfure de plomb colloïdal qui se forme dans ces conditions est alors dosé au colorimètre comparativement avec une solution de nitrate de plomb de titre connu qu'on traite de la même façon.

La quantité de plomb ainsi appréciée colorimétriquement à l'état de sulfure (²) est toujours proportionnelle au plomb dissous, comme le montrent les nombres suivants :

Plomb introduit.	Plomb dosé au colorimètre (³).
mg	mg
0,1	0,1
0,2	0,2
0,4	0,39
0,8	0,85

e. Pour transformer numériquement les quantités de plomb ainsi dosées

(¹) On a essayé les tartrates, acétates, bromures, iodures, et d'autres sels qui dissolvent moins bien le fluorure de plomb, mais qui tous, sauf le bromure, attaquent la poudre de cristal. Nous avons toujours employé dans nos recherches du cristal d'optique (fabrique Para-Mantois) contenant 42 pour 100 de plomb.

(²) Aucun autre sel de plomb n'est aussi sensible que le sulfure.

(³) Pour le dosage colorimétrique, les solutions témoins doivent être prises autant que possible à un titre rapproché de celui des solutions à comparer.

en poids de fluor correspondants, nous nous servons de coefficients établis en déterminant les quantités de plomb enlevées au cristal, dans les mêmes conditions, par des quantités d'acide fluorhydrique connues qu'on obtient en chauffant, au creuset de platine fermé ci-dessus décrit, des poids de fluorure de calcium pur (mélangé de sulfate de baryte) avec de l'acide sulfurique. Voici quelques-uns de nos chiffres :

Fluor introduit dans le creuset.	Plomb dosé colorimétriquement.	Rapport $\frac{Pb}{F}$.
mg	mg	
1	2,51	2,51
1,5	3,75	2,50
2	5,15	2,57

Lorsqu'on introduit dans le creuset des quantités inférieures à 1^{mg} de fluor, le coefficient $\frac{Pb}{F}$ diminue, ce qui s'explique par la très faible, mais constante, quantité d'acide fluorhydrique retenue par le peu d'acide sulfurique resté au creuset, quantité qui devient relativement grande quand les poids absolus de fluor diminuent beaucoup. C'est ce que montrent, pour les quantités de fluor inférieures à 1^{mg}, les nombres suivants :

Fluor introduit dans le creuset.	Plomb trouvé.	$\frac{Pb}{F}$.
mg	mg	
0,05	0,0569	1,14
0,10	0,1388	1,39
0,30	0,517	1,72
0,50	0,106	2,21
0,65	1,547	2,38

C'est donc par ces coefficients qu'il faut diviser, en chaque cas, la quantité de plomb obtenue (¹).

Les courbes (*fig.* 4) indiquent les poids de fluor correspondant au plomb trouvé, et les valeurs du coefficient $\frac{Pb}{F}$ (*voir* page suivante).

f. Comme exemple des calculs d'une analyse, prenons le cas d'une de nos eaux minérales sur laquelle nous reviendrons un jour : elle nous avait donné, par litre, un précipité barytique lavé et sec de première concentration (p. 1472), pesant $2^{g},731$. On en a traité 1^{g} au creuset d'or comme il

(¹) Les valeurs $\frac{Pb}{F}$ peuvent varier avec le cristal employé et, par conséquent, doivent être déterminées pour le cristal particulier qu'on emploie.

est dit page 1670. La potasse attaquée par les acides fluorhydrique et fluosilicique exactement saturée, bouillie, etc., avait laissé un second précipité barytique pesant $0^{g},1346$. La partie de ce précipité, bien lavé et sec, employée pour le dosage, a été de $0^{g},1033$. Le cristal attaqué au creuset de platine par l'acide fluorhydrique qui en provient a été repris par la solution chloratée et la liqueur étendue à 25^{cm^3}. D'autre part, le tube témoin a reçu une solution de nitrate de plomb contenant 1^{mg} de plomb dans 25^{cm^3}.

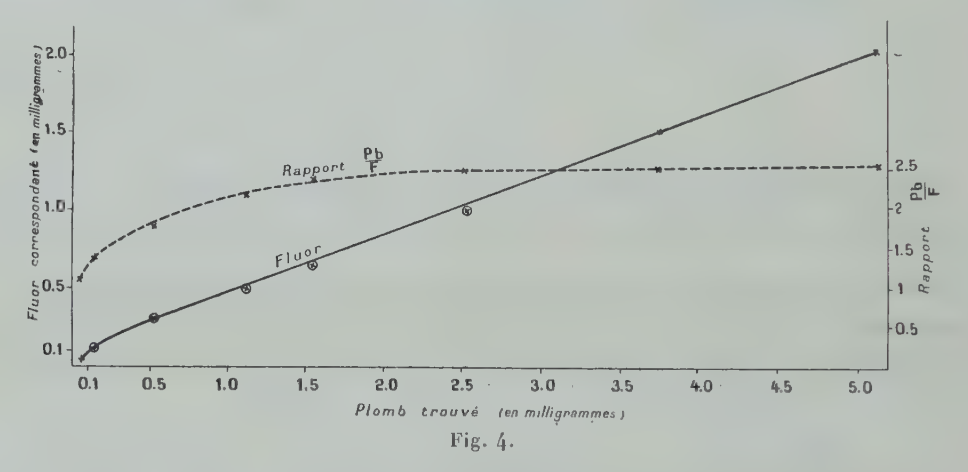


Fig. 4.

Après gélatinisation et passage à l'hydrogène sulfuré, les deux liqueurs ont été comparées au colorimètre. On a trouvé :

Hauteur dans le tube témoin..............	10^{mm}
Hauteur dans le tube de dosage du fluor....	$11^{mm},2$

La quantité Q de plomb enlevée à l'état de fluorure est donc :

$$Q = 1^{mg} \times \frac{10}{11,2} = 0^{mg},892.$$

Le coefficient C de transformation du plomb en fluor est, pour cette quantité, égal à 2,2 (*voir* la courbe). La quantité de fluor p contenu dans l'essai est donc

$$p = \frac{0^{mg},892}{2,2} = 0^{mg},4054.$$

Pour avoir, par le calcul, la totalité P de fluor contenu dans le litre d'eau minérale primitif, il faut multiplier p par le rapport des poids totaux des précipités aux quantités employées. On a donc dans ce cas :

$$P = p \times \frac{0,1346}{0,1033} \times \frac{2,731}{1} = 1^{mg},439 \text{ par litre.}$$

Nous nous proposons de donner dans une très prochaine Note les expériences de contrôle qui établissent l'exactitude remarquable de cette méthode, ainsi que les procédés qualitatifs qui permettent de caractériser par la gravure du verre ou du quartz les plus faibles traces de fluor.

PALÉONTOLOGIE. — *Un essai de classification phylogénique des Lamellibranches*. Note de M. H. **Douvillé**.

Les classifications phylogéniques doivent s'appuyer principalement sur les données paléontologiques, et celles-ci ne semblent pas avoir été suffisamment précisées dans les essais récemment parus. Il est également nécessaire de se rendre compte de la valeur relative des caractères que peut fournir l'examen de la coquille et de leur signification ; c'est le premier point à examiner.

Fischer et Neumayr avaient attribué une certaine importance à la nature du test, nacré ou porcelainé ; j'ai moi-même reconnu et signalé, précédemment, que les formes primitives étaient nacrées et que le test porcelainé apparaissait seulement dans les types dérivés : ainsi les Pecten et les Limes dérivent d'Aviculidés nacrés, les Panopées et les Solen, de Desmodontes nacrés. C'est là un *caractère évolutif*, mais qui n'affecte pas tous les rameaux, certains d'entre eux, d'origine ancienne, conservent leur test nacré jusqu'à l'époque actuelle (Nucules, Unio, Trigonies).

La plupart des caractères fournis par les parties molles sont également évolutifs, tels sont ceux qui proviennent de la soudure plus ou moins complète des deux lobes du manteau, ou de la structure de la branchie ; ils apparaissent indistinctement dans les différents rameaux et ne peuvent, par suite, au moins généralement, servir à les reconstituer.

Les caractères tirés de la forme générale de la coquille, de la disposition des muscles, de la forme de l'empreinte palléale, ont été aussi fréquemment employés ; ce sont ceux qui attirent tout d'abord l'attention. J'ai fait voir, à plusieurs reprises, qu'ils étaient dans une dépendance très étroite de la manière de vivre de l'animal, de sorte que des animaux appartenant à des rameaux différents pouvaient, en s'adaptant aux mêmes conditions de vie, acquérir des formes très analogues ; de là des convergences trompeuses dont nous connaissons beaucoup d'exemples : *Mytilus* et *Dreissensia*, *Ostrea*, *Chondrodonta* et *Heligmus*, *Solen* et *Ensis*, *Myochama* et *Chama*, *Chama* et *Diceras*, etc. Le sinus palléal apparaît dans un rameau quelconque dès que

l'animal prend l'habitude de s'enfoncer profondément dans le sable ou dans la vase; il indique seulement l'allongement des siphons. Ces *caractères adaptatifs* peuvent se montrer brusquement lorsque le changement d'habitat est également brusque, et il arrive alors que les descendants diffèrent tellement de leurs ascendants qu'il est difficile de remonter des premiers aux seconds; c'est le cas, par exemple, pour les Rudistes, pour les Chames, pour les Huîtres. Exceptionnellement, la constance dans le mode d'existence peut devenir caractéristique de certains rameaux, comme par exemple pour les Anisomyaires essentiellement byssifères.

En réalité, les caractères les plus utiles pour la classification phylogénique sont ceux qui varient peu et lentement, de manière qu'on puisse suivre facilement leurs modifications; ce sont des *caractères statifs*. Les plus importants, à ce point de vue, sont fournis par la charnière; fréquemment celle-ci présente des caractères à peu près constants dans tout un rameau, comme c'est le cas, par exemple, pour les Nuculidés et pour les Arcidés. J'ai pu montrer qu'il en est de même dans la grande famille des Rudistes, si remarquables par l'extrême diversité de leurs formes; la charnière reste toujours établie sur le même plan et constituée par les mêmes éléments, et, quand il se produit un changement important, comme au passage des formes normales aux formes inverses, il est possible, avec un peu d'attention, de reconnaître comment il s'effectue. Cette constance dans le plan de la charnière a été du reste bien mise en évidence pour les Hétérodontes par les travaux de Bernard.

C'est donc la constitution de la charnière qui pourra nous donner les meilleures indications pour reconstituer la phylogénie des Lamellibranches. Neumayr a posé, dès 1883, les principes de cette classification, et il a distingué les groupes suivants : Dysodontes, Taxodontes, Hétérodontes et Trigonies, Desmodontes et Paléoconques. Munier-Chalmas et Bernard ont ensuite étudié la charnière elle-même et montré que ses divers éléments, dans les Hétérodontes, occupaient une position déterminée et étaient susceptibles d'une notation précise. Les dents se distinguent en latérales antérieures A et postérieures P et en cardinales; elles peuvent être groupées sur chaque valve en deux lames alternant les unes avec les autres, de sorte que la plus interne est sur la valve droite; en la notant par le chiffre 1, la deuxième lame de la même valve sera notée 3, tandis que celles de la valve gauche seront 2 et 4. Les latérales seront ainsi A $\frac{\text{I, III}}{\text{II, IV}}$ et P $\frac{\text{I, III}}{\text{II, IV}}$; quant aux cardinales, elles forment des chevrons emboîtés dont la branche

antérieure est notée a et la branche postérieure b; leur formule générale est alors $\frac{1, 3ab}{2ab, 4ab}$; il est entendu que toutes les dents n'existent jamais simultanément, et il ne faut voir dans ces formules qu'un moyen de préciser la position de chacune d'elles.

Examinons maintenant d'après ces caractères comment les divers rameaux s'enchaînent dans les temps géologiques :

I. On s'accorde pour considérer les Nuculidés comme les formes les plus anciennes : ce sont des coquilles nacrées à charnière composée de dents nombreuses et qui constituent une partie des *Taxodontes* de Neumayr. Le type réellement primitif est représenté par les *Ctenodonta*, où les dents sont très nombreuses et disposées en série continue; mais à côté on voit le type se diversifier beaucoup dès le Silurien II (faune seconde) et l'on distingue les *Lyrodesma*, où les dents divergent du sommet, puis les *Actidodonta* où les dents antérieures et postérieures s'allongent en formant deux groupes distincts, enfin les *Anodontopsis* analogues aux précédents, mais où les dents sont encore moins nombreuses. Vers le haut de l'étage, on voit le nombre des dents diminuer encore dans les *Modiolopsis* et surtout dans les *Redonia*. Des *Ctenodonta* dérivent les *Paleonilo*, où les dents toujours très nombreuses se groupent en deux séries, antérieure et postérieure, puis les *Nucula*, où le ligament, d'abord marginal, est venu s'intercaler au milieu de la charnière, et ce type nacré persiste jusqu'à l'époque actuelle.

II. Dans le Silurien supérieur (faune troisième) apparaissent les *Paléoconques* de Neumayr que je restreindrai à ses groupes principaux, à forme de Lucines et de Cardium, Prélucinidés et Précardiidés, mais à charnière taxodonte, auxquels il faut ajouter des formes pleuroconques *Dualina* et *Antipleura*. La charnière droite des Cardiolidés n'est peut-être qu'une persistance d'un caractère embryonnaire.

III. Les types si diversifiés des Nuculidés primitifs se retrouvent dans les Anthracosidés paléozoïques, puis à partir de l'époque secondaire, dans les Unionidés, formes nacrées qui persistent jusqu'à l'époque actuelle; on retrouve dans ces deux groupes des charnières cténodontes et actinodontes aboutissant au type réduit des *Unio*.

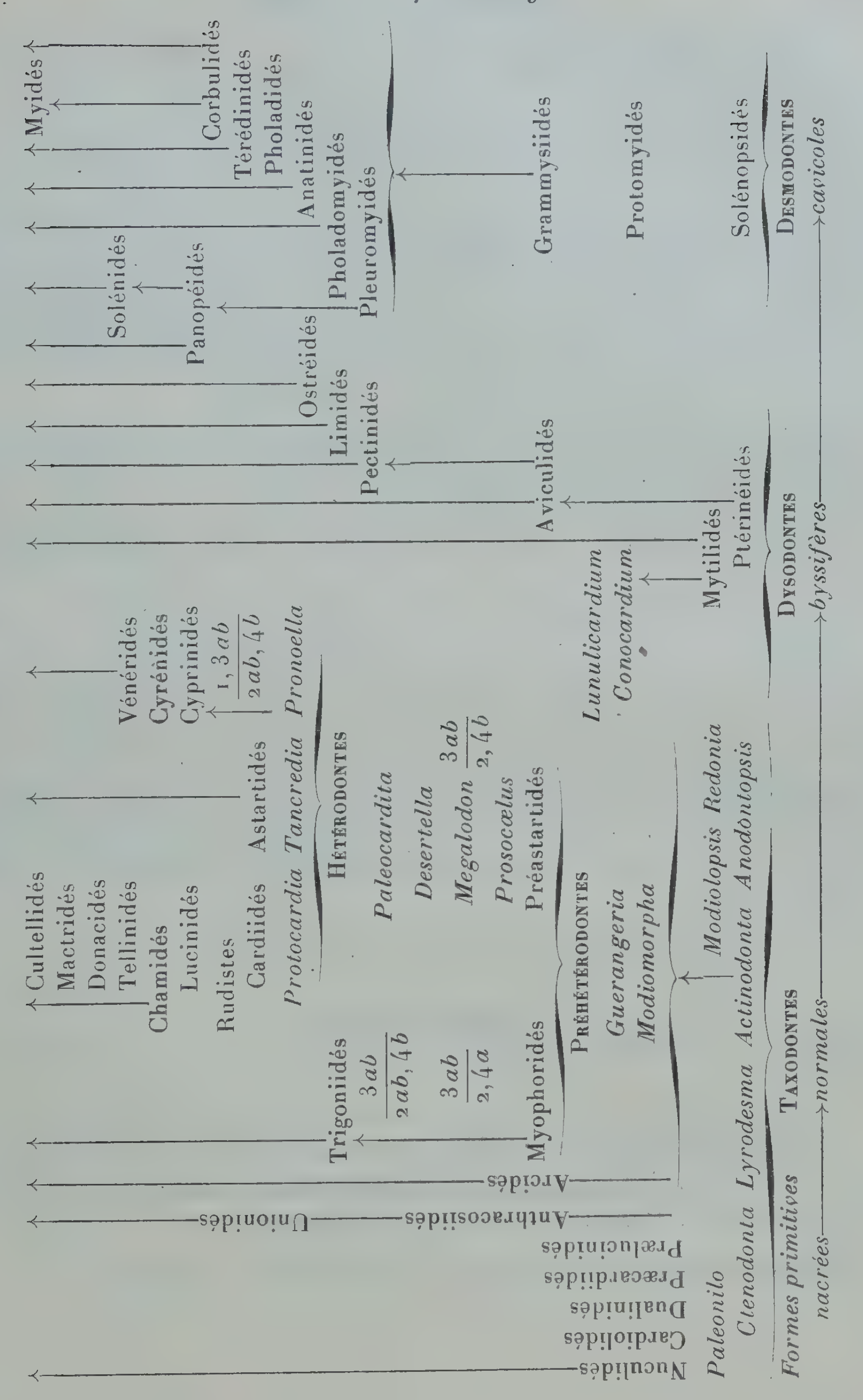
IV. Les Arcidés se relient si intimement aux Actinodontes, que la séparation est difficile à établir.

V. Les Actinodontes à dentition réduite (*Modiomorpha*, *Guerangeria*) se poursuivent dans le Dévonien, avec une forme toujours un peu allongée indiquant une station cavicole intermittente. Mais à côté apparaissent des formes plus équilatérales, à ligament plus court et à charnière plus concentrée; celle-ci n'est encore formée que de cardinales : ce sont les *Préhétérodontes*, présentant deux types : Myophoridés de formule dentaire $\frac{3ab}{2,4a}$ passant aux Trigonies par le dédoublement de la dent 2 en $2a$ et $2b$, et Préastartidés de formule un peu différente $\frac{3ab}{4b,2}$, représentés par *Prosocœlus*, *Desertella*, *Megalodon* (où apparaît une indication de latérales postérieures) et *Paleocardita*, etc. C'est seulement à l'époque secondaire qu'apparaissent les *Hétérodontes* proprement dits, caractérisés à l'origine, suivant la définition de Neumayr, par la coexistence de latérales et de cardinales; les premières formes *Protocardia*, *Tancredia*, *Cardinia* se multiplient rapidement et donnent naissance aux Cardiidés, Lucinidés, Astartidés; des deux premières familles dérivent par fixation directe les Rudistes et les Chamidés, tandis que l'habitat cavicole donnait naissance un peu plus tard aux Donacidés et aux Tellinidés sinupalléales. C'est à ce même groupe que je rattache aujourd'hui les Mactridés, caractérisés par un dédoublement de la dent 2 analogue à celui qui donne naissance aux Trigonies, et l'ensemble des formes fouisseuses qui en dérivent (*Lutraria*, *Cultellus*, *Ensis*, etc.).

VI. L'allongement vers le centre de la charnière, de la latérale antérieure AI, donne naissance à la cardinale 1, caractéristique d'un nouveau groupe d'Hétérodontes débutant dès le Lias par les Cyprinidés, et se poursuivant par les Cyrénidés pour aboutir aux Vénéridés sinupalléales.

VII. A côté des Taxodontes primitifs normaux, équivalves et équilatéraux se développent les formes byssifères devenant rapidement Anisomyaires; ce sont les *Dysodontes :* les uns, Ptérinéidés, à charnière droite et à aréa ligamentaire; les autres, Mytilidés, à charnière courbe et à ligament marginal. Les deux groupes ont une charnière taxodonte, presque toujours actinodonte. Les premiers sont ordinairement couchés sur la valve droite et donnent naissance aux Aviculidés nacrés, monomyaires et à charnière atrophiée; d'où dérivent une série de formes porcelanées : *Pecten*, *Lima*, puis par fixation directe les Plicatules, Hinnites, Spondyles et les Ostréidés.

Des Mytilidés équivalves il faut rapprocher les *Lunulicardium* et les *Conocardium* considérés à tort autrefois comme des Hétérodontes.


TABLEAU PHYLOGÉNIQUE DES LAMELLIBRANCHES.
Cultellidés
Mactridés
Donacidés
Tellinidés
Chamidés
Lucinidés
Rudistes
Cardiidés
Astartidés
Protocardia
Tancredia
Pronoella
Vénéridés
Cyrénidés
Cyprinidés
1, 3 ab / 2 ab, 4 b
HÉTÉRODONTES
Paleocardita
Desertella
Megalodon 3 ab / 2, 4 b
Prosocœlus
Préastartidés
PRÉHÉTÉRODONTES
Guerangeria
Modiomorpha
Trigoniidés
3 ab / 2 ab, 4 b
3 ab / 2, 4 a
Myophoridés
Arcidés
Anthracosiidés
Unionidés
Prælucinidés
Præcardiidés
Dualinidés
Cardiolidés
Nuculidés
Paleonilo
Ctenodonta
Lyrodesma
Actinodonta
Anodontopsis
Modiolopsis
Redonia
Lunulicardium
Conocardium
Mytilidés
Ptérinéidés
Aviculidés
Pectinidés
Limidés
Ostréidés
Panopéidés
Solénidés
Pholadomyidés
Pleuromyidés
Anatinidés
Térédinidés
Pholadidés
Corbulidés
Myidés
Grammysiidés
Protomyidés
Solénopsidés
Formes primitives
nacrées
TAXODONTES
normales
DYSODONTES
byssifères
DESMODONTES
cavicoles

VIII. Dès l'apparition des Lamellibranches, on constate que certaines formes vivaient enfoncées dans le sable ou la vase, ce sont les *Desmodontes* ou cavicoles : on sait les modifications qui en résultent, réduction ou atrophie de la charnière, développement du ligament, bâillement de la coquille. Les formes primitives Protomyidés, Solénopsidés, Grammysiidés, étaient réunies par Neumayr à ses Paléoconques : certaines d'entre elles comme le *Sanguinolites Pellicoi* ont une charnière tout à fait analogue à celle des *Pleuromya* nacrés et qui se retrouve dans des formes dérivées porcelainées, Panopées, Solen. Les formes dépourvues de charnière sont représentées à partir du Secondaire par les Pholadomyidés et les Anatinidés, d'où dérivent les Pholadidés et les Térédinidés.

Il faut ajouter les Corbulidés devenus dyssymétriques par station pleuroconque et les Myidés dans lesquels la dyssymétrie du ligament indique qu'ils dérivent d'ancêtres pleuroconques.

Le Tableau ci-dessus résume la classification dont je viens de tracer les grandes lignes.

Pour ne pas le compliquer outre mesure, les déformations résultant d'adaptations spéciales n'ont pas été indiquées explicitement dans les différents rameaux. Ainsi les Dualinidés sont des Præcardiidés pleuroconques, par suite de fixation byssale ou pédieuse, les Arcidés dérivent des *Actinodonta* par fixation pédieuse, et quelquefois il est difficile de les distinguer de certaines Ptérinées ; de même encore *Modiolopsis* et *Redonia* doivent peut-être la brièveté de leur côté antérieur à un habitat cavicole, tandis que les Tellinidés et Donacidés sont devenus sinupalléales pour une raison analogue.

NOMINATIONS.

Le **Maire de Boulogne-sur-Mer** et le **Comité** invitent l'Académie à se faire représenter à l'inauguration du monument élevé à la mémoire du Professeur *T.-E. Hamy*, qui aura lieu le 30 juin 1912.

M. **Maurice Hamy** est désigné pour représenter l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de la Guerre** invite l'Académie à désigner deux de ses Membres qui feront partie du *Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique* pour l'année scolaire 1912-1913.

La désignation de ces deux Membres est renvoyée à quinzaine.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** prie l'Académie de lui faire savoir si elle a désigné quelques-uns de ses Membres pour la représenter au *Premier Congrès international Eugénique* qui se tiendra à Londres du 24 au 30 juillet 1912.

(Renvoi à MM. Ch. Bouchard et Edmond Perrier.)

M. le **Président de l'Académie nationale des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Bordeaux** invite l'Académie à se faire représenter aux fêtes du bicentenaire de sa fondation, qui auront lieu les 11 et 12 novembre 1912. Il rappelle à ce sujet que l'Académie de Bordeaux a été affiliée, dès son origine, à l'Académie des Sciences.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Savants du jour : Henri Poincaré. Biographie. Bibliographie analytique des écrits*, par Ernest Lebon. Seconde édition.

2° *Flore de la France*, par Georges Rouy. Tome XIII. (Présenté par M. Guignard.)

3° *La photographie automatique en noir et en couleurs par la suppression du laboratoire obscur : Manuel*, par Charles Gravier. (Présenté par M. J. Violle.)

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur le mouvement apparent des vapeurs dans l'atmosphère solaire.* Note de **M. A. Perot**, présentée par M. Deslandres.

Dans de précédentes Communications j'ai montré que les centres absorbants, qui produisent les raies b_2 du magnésium et D_1 du sodium, semblent tomber sur la surface solaire avec des vitesses de l'ordre du kilomètre par seconde, et indiqué que cet effet pouvait être considéré comme dû à la chute sur le Soleil de particules électrisées négatives. Les résultats que j'ai l'honneur d'apporter aujourd'hui sont relatifs aux raies C et F de l'hydrogène et à la raie $\lambda = 6122$ du calcium.

L'étude de la longueur d'onde des raies C et F le long de la ligne des pôles du Soleil montre que les vapeurs d'hydrogène semblent tomber avec une vitesse considérable, 3,8 km : sec.; les nombres trouvés pour chacune de ces deux raies sont identiques aux erreurs d'expérience près. D'autre part, la comparaison de la longueur d'onde au centre du Soleil avec la raie terrestre correspondante a donné, pour chacune des deux raies étudiées, des nombres très voisins du précédent, dont la moyenne est 3,4 km : sec.

La raie 6122 du calcium, qui appartient aux couches moyennes de l'atmosphère solaire, donne une courbe de même forme que celles du sodium et du magnésium; la vitesse correspondante de chute est 1,44 km : sec.; la comparaison de la longueur d'onde au centre avec la raie terrestre produite dans l'arc est très délicate, par suite de la largeur variable de celle-ci; l'expérience a donné 1,6 km : sec.

Je ferai remarquer que les expériences faites sans faire intervenir la longueur d'onde terrestre, en utilisant seulement les longueurs d'onde solaires, sont plus rationnelles que celles où l'on compare les longueurs d'onde des deux raies solaire et terrestre, produites dans des conditions certainement très différentes à tous égards, dont l'une est sombre et l'autre brillante; il semble donc normal de ne considérer ces dernières que comme des vérifications quelque peu hasardées. Si l'on se range à ces vues, les nombres que j'ai trouvés jusqu'ici pour les vitesses de chute sur le Soleil sont les suivants, en kilomètres par seconde :

Fer	0,0
Magnésium	1,57
Sodium	1,37
Hydrogène	3,8
Calcium (6122)	1,44

Comme M. Deslandres l'a indiqué antérieurement, le champ magnétique solaire doit agir sur les particules électrisées en mouvement que j'ai supposé produire la chute apparente des vapeurs sur le Soleil; la trajectoire de ces particules et, partant, la vitesse qu'elles impriment aux centres absorbants doit avoir une composante suivant le parallèle solaire, et dans le sens de la rotation; on peut expliquer ainsi l'excès de la vitesse de la rotation des vapeurs élevées ou moyennes sur celle des taches; mais si ces vues sont exactes, comme la force exercée par le champ magnétique sur les électrons croît avec la vitesse de ceux-ci, l'excès de vitesse équatoriale doit être d'autant plus grand pour une vapeur que la vitesse de chute de cette vapeur est elle-même plus grande; car la force exercée sur une particule électrisée perpendiculairement au méridien solaire est proportionnelle à la composante de sa vitesse normale au champ et située dans le méridien, c'est-à-dire, pour l'Équateur auquel le champ est vraisemblablement normal, à la vitesse de chute de cette particule sur le Soleil.

Or, si l'on rapproche les excès de vitesse équatoriale des vapeurs, relativement au fer, que j'ai trouvés antérieurement pour les raies à l'aide desquelles j'ai étudié la chute des vapeurs, on peut former le Tableau suivant :

	Mg (b^2).	Ca (6122).	H (C et F).
Excès de vitesse équatoriale......	0,055	0,055	0,11
Vitesse de chute................	1,57	1,44	3,8
Rapport......................	29	26	34

On peut constater que, plus la vitesse de chute est grande, plus l'excès de vitesse est élevé; le rapport de ces deux grandeurs, qui ne paraît pas d'ailleurs être constant, est du même ordre en passant d'une raie à l'autre.

Quant à la valeur de la vitesse communiquée aux centres absorbants par les électrons, elle doit dépendre de la vitesse de ceux-ci, et, pour une vitesse donnée, être inversement proportionnelle au poids atomique : les poids atomiques du sodium (23), du magnésium (24,2) et du calcium (40) sont comparables de même que les vitesses de chute trouvées pour ces corps; la vitesse des électrons (vitesse statistique) dépend de la force électrique qui les sollicite, c'est-à-dire de leur distance au centre du Soleil (en admettant qu'il est uniformément chargé) et du nombre de chocs qu'ils subissent dans l'unité de temps, c'est-à-dire du nombre de centres matériels par centimètre cube; or, on ne possède pas ces données pour les diverses régions de l'atmosphère solaire, on ne peut donc tenter de vérification numérique, et, d'autre part, il semble bien difficile, pour ne pas dire impossible, de

remonter des nombres trouvés à ces données, du moins dans l'état actuel de nos connaissances.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la théorie du potentiel logarithmique.* Note [1] de M. ÉMILE BOREL.

Soit $\varphi(x, y) = \varphi_1(x, y) + i\varphi_2(x, y)$ une fonction complexe des deux variables réelles x et y; je supposerai cette fonction partout continue, et de plus nulle lorsque le point x, y est extérieur à un cercle suffisamment grand C. Si l'on pose

$$(1) \qquad \theta(\xi, \eta) = \int\int \frac{\varphi(x, y)\,dx\,dy}{x + iy - \xi - i\eta},$$

l'intégration étant étendue à tout le plan, la fonction $\theta(\xi, \eta)$ est de même nature que la fonction φ, sauf qu'elle n'est pas nulle en général à l'extérieur de C. On a d'ailleurs

$$(2) \qquad \frac{\partial\theta}{\partial\xi} + i\frac{\partial\theta}{\partial\eta} = -2\pi\varphi(\xi, \eta),$$

de sorte que dans les régions où $\varphi(\xi, \eta)$ est nul, $\theta(\xi, \eta)$ est une fonction monogène de $\xi + i\eta = \zeta$. Il est aisé de voir que toute fonction monogène, analytique au sens de Weierstrass, peut être représentée par une formule telle que (1) dans tout domaine parfait *intérieur* à son domaine d'existence, la fonction $\varphi(x, y)$ satisfaisant aux conditions indiquées plus haut. La restriction que le domaine soit parfait est une conséquence du fait évident que l'ensemble des points où une fonction continue s'annule est parfait. Le cas où le domaine d'existence comprend le point à l'infini n'est pas exclu; ce point doit être alors un point régulier, et l'on supposera que la fonction y prend la valeur zéro, par l'addition d'une constante convenable.

Donnons le nom de *densité* [2] à la fonction $|\varphi(x, y)|$; le théorème fon-

---

[1] Reçue dans la séance du 10 juin 1912.

[2] On pourra appeler *masse totale* la valeur de l'intégrale, étendue à tout le plan

$$\int\int |\varphi(x, y)|\,dx\,dy.$$

Pour représenter une fonction analytique dans un domaine de plus en plus voisin

damental de la théorie de Weierstrass s'énonce ainsi : Si deux points A et B où la densité est nulle sont intérieurs à deux cercles pouvant être réunis par un nombre fini de cercles sécants, la densité étant nulle en tous les points intérieurs à tous ces cercles, la connaissance de $\theta(\xi, \eta)$ au voisinage de A détermine cette fonction au voisinage de B.

Il serait naturel de dire que la fonction $\theta(\xi, \eta)$ est *monogène* en tout point où la densité est nulle ; on est ainsi conduit à se demander si le théorème précédent se généralise lorsque ces points de monogénéité forment un ensemble quelconque d'un seul tenant. Je n'ai pu résoudre cette question sous sa forme la plus générale, mais je puis indiquer des cas assez étendus où l'on peut énoncer une proposition analogue à celle de Weierstrass.

Appelons *densité moyenne*, dans un cercle (C) de rayon r, l'expression

$$\mu(r) = \frac{1}{\pi r^2} \iint_{(C)} |\varphi(x, y)|\, dx\, dy. \tag{3}$$

Si en un point A la densité est nulle, la densité moyenne $\mu(r)$ dans le cercle de centre A et de rayon r tend vers zéro avec r ; soit $\psi(r)$ une fonction tendant vers zéro avec r ; si l'on a, pour r assez petit,

$$\mu(r) < \psi(r), \tag{4}$$

nous dirons que la densité en A est asymptotiquement inférieure à $\psi(r)$. Si en tous les points d'une droite la relation (4) est vérifiée à partir d'une même valeur de r, nous dirons que la densité est asymptotiquement inférieure à $\psi(r)$ sur la droite.

Ces définitions étant posées, on peut fixer une fonction $\psi(r)$ telle que les droites Δ sur lesquelles la densité est asymptotiquement inférieure à $\psi(r)$ peuvent être adjointes au domaine d'existence, sans que le théorème fondamental cesse d'être exact : la connaissance de la fonction au voisinage de A détermine la fonction au voisinage de B si A et B peuvent être réunis par un nombre fini de droites Δ. [Il est évident que toute droite *intérieure* au domaine de Weierstrass est une droite Δ, puisque sur une telle droite on

---

de son domaine d'existence, il faudra souvent utiliser une masse totale de plus en plus grande, la masse totale augmentant indéfiniment lorsque le domaine où $\varphi(x, y)$ est nul tend vers le domaine d'existence. Parmi les cas où la masse totale peut rester finie, citons celui d'une fraction rationnelle à pôles simples et celui des fonctions découvertes par M. Pompeiu et sur lesquelles M. Denjoy a récemment rappelé l'attention des géomètres.

a $\mu(r) = 0$ pour les valeurs de r inférieures à une valeur fixe]. Nous dirons que la fonction est monogène sur les droites telles que Δ.

La question se pose donc de déterminer la fonction $\psi(r)$ de manière que la validité du théorème soit aussi étendue que possible; je suis arrivé à démontrer que l'on peut prendre

$$(5) \qquad \log[-\log\psi(r)] = \frac{1}{r^{1+\varepsilon}},$$

ε étant une constante positive quelconque.

Pour donner un exemple précis, considérons la couronne Γ comprise entre les cercles $(c_1): x^2 + y^2 = 1$, $(c_2): x^2 + y^2 = 4$; et posons

$$(6) \qquad \theta(\xi, \eta) = \iint_\Gamma \frac{(x^2 + y^2 - 1)(4 - x^2 - y^2)\, e^{-e^{\frac{1}{y^2}}}\, dx\, dy}{x + iy - \xi - i\eta}.$$

La fonction ainsi définie est monogène à l'intérieur de (c_1) à l'extérieur de (c_2) et aussi sur les segments de l'axe des x qui réunissent (c_1) et (c_2).

La connaissance de ses valeurs au voisinage d'un point quelconque de ce domaine d'existence la détermine dans tout le domaine.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les propriétés des fonctions mesurables.* Note de M. N. **Lusin**, présentée par M. Émile Picard.

La lecture de la Note intéressante de M. Borel (*Comptes rendus*, 12 février 1912) m'a inspiré l'idée de résumer ici les résultats sur les fonctions mesurables déjà publiés par moi en russe dans le *Recueil de la Société mathématique de Moscou* (t. XXVIII, 2, 1911) dans le Mémoire intitulé : *Sur un théorème fondamental du Calcul intégral*.

Soit $f_1(x), f_2(x), \ldots, f_n(x), \ldots$ une suite de fonctions mesurables que nous supposons convergente et tendant vers une fonction-limite $f(x)$ pour tous les points x de l'intervalle $0 \leqq x \leqq 1$, sauf peut-être les points d'un ensemble de mesure nulle. D'après un théorème important de M. Egoroff (*Comptes rendus*, 30 janvier 1911), il existe un ensemble P parfait et non dense et jouissant des propriétés suivantes :

1° La suite $f_1, f_2, \ldots, f_n, \ldots$ converge *uniformément* vers $f(x)$ pour cet ensemble P.

2° La mesure de P est supérieure à $1-\varepsilon$, ($\varepsilon > 0$ étant aussi petit qu'on veut).

Supposant que $f_n(x)$ est un polynome ($n = 1, 2, 3, \ldots$) nous obtiendrons le résultat suivant : si $f(x)$ est une fonction définie dans l'intervalle $0 \leqq x \leqq 1$ de classe 1 (suivant M. Baire),

il existe dans cet intervalle un ensemble P *parfait et non dense avec les propriétés :*
1° La fonction $f(x)$ est continue dans P *(relativement à* P*) ;*
2° La mesure P *est supérieure à $1-\varepsilon$, $\varepsilon > 0$ aussi petit qu'on veut.* (C)

Désignons cette propriété de fonction $f(x)$ par « C-propriété ». Nous aurons le théorème :

Si toute fonction de la suite $f_1, f_2, \ldots, f_n, \ldots$ possède la « C-propriété », la fonction-limite $f(x)$ possède aussi la « C-propriété ».

En effet, prenons, suivant le théorème de M. Egoroff, un ensemble P_0 parfait et non dense, dans lequel la suite converge uniformément, et $\text{Mes}\, P_0 > 1 - \frac{\varepsilon}{2^2}$, $\varepsilon > 0$ aussi petit qu'on veut. Considérons encore, en vertu de « C-propriété », un ensemble P_n ($n = 1, 2, 3, \ldots$) parfait et non dense dans lequel $f_n(x)$ est continue (relativement) et $\text{Mes}\, P_n > 1 - \frac{\varepsilon}{2^{n+2}}$. Tous les points communs à tous les ensembles $P_0, P_1, P_2, \ldots$ forment évidemment un ensemble mesurable E et $\text{Mes}\, E > 1 - \left(\frac{\varepsilon}{2^2} + \frac{\varepsilon}{2^3} + \ldots\right) = 1 - \frac{\varepsilon}{2}$. Par conséquent l'ensemble E contient un ensemble P parfait et non dense tel que $\text{Mes}\, P > 1 - \varepsilon$. On voit que cet ensemble P vérifie « C-propriété ». (C. Q. F. D.)

De là résulte que « C-propriété » appartient non seulement aux fonctions de classe 1, mais à toutes les fonctions de la classification de M. Baire. Mais on peut voir, de plus, que toute fonction mesurable possède cette « C-propriété » et, inversement, que toute fonction $f(x)$ possédant la « C-propriété » est une fonction mesurable.

Nous trouvons ainsi ce théorème général :

Si $f(x)$ est une fonction mesurable définie dans l'intervalle $0 \leqq x \leqq 1$, il existe dans cet intervalle un ensemble P *parfait et non dense jouissant des propriétés :*

1° La fonction $f(x)$ est continue dans P *(relativement à* P*) ;*

2° La mesure de P *est supérieure à $1-\varepsilon$, $\varepsilon > 0$ aussi petit qu'on veut.*

Comme conséquence nous obtiendrons :

Si $f(x)$ est une fonction mesurable définie dans l'intervalle $0 \leqq x \leqq 1$, il existe une série de polynomes $\sum_{n=1} p_n(x)$ absolument convergente vers la fonction $f(x)$ pour tous les points de l'intervalle $0 \leqq x \leqq 1$, sauf peut-être les points d'un ensemble de mesure nulle.

On voit bien que ce résultat est la généralisation du célèbre théorème de Weierstrass-Picard sur la représentation des fonctions continues.

Ces résultats m'ont permis de démontrer les deux théorèmes suivants :

I. *Il n'existe aucune fonction continue* $F(x)$ *admettant* $\frac{dF}{dx} = +\infty$ *ou* $\frac{dF}{dx} = -\infty$ *pour un ensemble de points de mesure* non nulle.

II. Théorème général. — *Si $f(x)$ est une fonction mesurable définie dans l'intervalle $0 \leqq x \leqq 1$ et partout finie, sauf peut-être les points d'un ensemble de mesure nulle, il existe une fonction $F(x)$ continue dans l'intervalle entier $0 \leqq x \leqq 1$ telle qu'elle admette $f(x)$ pour dérivée ordinaire en tous les points, sauf peut-être aux points d'un ensemble de mesure nulle.*

On peut ainsi dire que le problème de la recherche des fonctions primitives est résolu quand on néglige les ensembles de mesure nulle.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le théorème général de M. Picard.* Note de M. C. Carathéodory, présentée par M. Émile Picard.

1. Le théorème général de M. Picard, concernant les points essentiels isolés d'une fonction analytique, n'a pas reçu jusqu'à présent d'extension analogue à celle, désormais classique, que M. Landau a donnée pour le théorème sur les fonctions entières; nous allons tâcher de combler cette lacune en démontrant le résultat suivant :

Théorème I. — *Il existe une constante numérique α, différente de zéro, telle que pour toute fonction analytique $f(z)$ régulière, uniforme et différant de zéro et de un pour $0 < |z| < 1$, l'une au moins des deux inégalités $|f(z)| < 2$ ou $|f(z)| > \frac{1}{2}$ soit constamment vérifiée à l'intérieur du cercle fixe $0 < |z| < \alpha$.*

On peut même aller un peu plus loin :

THÉORÈME II. — *Il existe une constante numérique* α *positive et différente de zéro, telle que,* ρ *étant compris entre zéro et* α, *toute fonction analytique* $f(z)$ *régulière, uniforme et différant de zéro et de un à l'intérieur de la couronne* $\rho^2 < |z| < 1$, *satisfasse constamment à l'une au moins des deux inégalités* $|f(z)| < 2$ *ou* $|f(z)| < \frac{1}{2}$ *à l'intérieur de la couronne* $\rho < |z| < \alpha$.

2. Soit $\varphi(x)$ une fonction régulière et différente de zéro et de un pour $|x| < 1$; posons $\varphi(0) = y_0$ et soit $|y_0| = \frac{1}{2}$. Faisons comme de coutume la représentation conforme du demi-plan des y, qui contient y_0 sur un triangle d'arcs de cercles tangents entre eux, et choisissons ce triangle de façon qu'il soit inscrit dans le cercle $|\omega| = 1$ et que l'image de y_0 coïncide avec le centre $\omega = 0$ de ce dernier cercle.

Désignons par $m(y_0)$ la distance à l'origine $\omega = 0$ de la courbe entourant ce point, qui correspond dans le plan des ω au cercle $|y - y_0| = \frac{1}{3}$; cette distance est différente de zéro. On voit sans peine, en appliquant au procédé de démonstration classique de M. Picard, l'inégalité de M. Schwarz dont je me suis servi autrefois (*Comptes rendus*, t. 141, 1905), que l'inégalité $|x| \leqq m(y_0)$ implique la condition $|f(x) - f(0)| < \frac{1}{3}$.

La grandeur positive $m(y_0)$ est une fonction continue et périodique de y_0 lorsque cette dernière quantité décrit le cercle $|y_0| = \frac{1}{2}$; elle ne s'annule d'ailleurs jamais, d'où l'on conclut que le minimum μ de $m(y_0)$ est différent de zéro sous ces conditions.

Il existe donc une constante numérique positive μ, telle que pour toute fonction $\varphi(x)$ régulière et différente de 0, 1 dans le cercle $|x| < 1$ et satisfaisant de plus à la condition $|\varphi(0)| = \frac{1}{2}$, l'inégalité $|x| < \mu$ entraîne la condition $|\varphi(x) - \varphi(0)| < \frac{1}{3}$.

3. Soit $f(z)$ une fonction régulière, uniforme et différente de zéro et de un dans la couronne circulaire $\rho^2 < |z| < 1$, et satisfaisant de plus à la condition $|f(z_0)| = \frac{1}{2}$ en un point z_0 du cercle $|z| = \rho$.

Posons avec M. Lindelöf (Congrès de Mathématiques, Stockholm, 1909)

$z = e^x$, et désignons par x_0 l'une des racines de l'équation $z_0 = e^x$. La fonction $\varphi(x) = f(e^x)$ satisfera aux conditions du n° 2 à l'intérieur du cercle $|x - x_0| < -\log\rho$ et [à cause de la périodicité de $\varphi(x)$] toute valeur prise par $f(z)$ en un point quelconque du cercle $|z| = \rho$ correspondra à une valeur prise par $\varphi(x)$ en un point du cercle $|x - x_0| \leqq \pi$.

On voit donc, en appliquant le résultat n° 2, que si z est un point du cercle $|z| = \rho$ l'inégalité $|f(z) - f(z_0)| < \frac{1}{3}$ sera satisfaite, pourvu que $\frac{\pi}{-\log\rho} < \mu$, ou, ce qui est la même chose, pourvu que $\rho < \alpha_1$, en posant $\alpha_1 = e^{-\frac{\pi}{\mu}}$.

On trouvera de même un nombre α_2 tel que, si l'on a, sous les mêmes conditions pour $f(z)$, $|f(z_0)| = 2$ en un point z_0 du cercle $|z| = \rho$, on aura pour tout autre point du même cercle $|f(z) - f(z_0)| < \frac{1}{3}$ lorsque $\rho < \alpha_2$.

Je dis que notre théorème II est vérifié, si l'on choisit comme constante α la plus petite des deux quantités α_1 et α_2, déterminées précédemment. On trouverait, dans le cas contraire, à l'intérieur de l'anneau circulaire $\rho < |z| < \alpha$ au moins deux points z_1 et z_2, tels que $|f(z_1)| = \frac{1}{2}$ et $|f(z_2)| = 2$; posons $|z| = r_1$ et $|z_2| = r_2$.

Les valeurs prises par $f(z)$ sur le cercle $|z| = r_1$ satisfont à l'inégalité $|f(z) - f(z_1)| < \frac{1}{3}$ d'où l'on tire pour tout point de ce cercle $f|(z)| < \frac{5}{6}$; de même on trouverait qu'en tout point du cercle $|z| = r_2$ on a $|f(z)| > \frac{5}{3}$. Il suit de là que $r_1 \neq r_2$ et l'on a, par exemple, $r_1 < r_2$; il existe, de plus, à cause de la continuité de $f(z)$ à l'intérieur de la couronne $r_1 < |x| < r_2$, un point ξ pour lequel on a $f(\xi) = e^{it_0}$, le nombre t_0 étant réel.

L'intégrale

$$\frac{1}{2\pi i}\int \frac{f'(z)\,dz}{f(z) - e^{it}},$$

prise le long du contour de l'anneau $r_1 < |x| < r_2$, représente, tant que t reste réel, une fonction continue de t, puisqu'on a alors $|f(z) - e^{it}| > \frac{1}{6}$; mais cette intégrale, qui représente le nombre de racines de l'équation $f(z) = e^{it}$ à l'intérieur de notre couronne, a pour valeur un nombre entier positif ou zéro et est, par conséquent, constante. Nous avons vu, d'autre part, que notre intégrale ne peut s'annuler pour $t = t_0$, elle sera donc également diffé-

rente de zéro pour $t=0$, d'où l'on conclut que l'équation $f(z)-1=0$ doit avoir, contrairement à l'hypothèse, une racine au moins à l'intérieur de la couronne $r_1 < |x| < r_2$. C. Q. F. D.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur le changement d'orientation d'un obstacle donné dans un courant fluide.* Note de M. **Henri Villat**, présentée par M. Émile Picard.

On sait que la méthode Helmholtz-Levi-Cività, pour déterminer le mouvement, avec sillage, d'un fluide autour d'un solide, introduit une restriction sur la forme de ce solide. Si, par exemple, l'obstacle, présentant un bec à l'avant, est constitué par deux lames faisant avec le courant général (de vitesse 1 à l'infini) des angles $\delta \pm \alpha$, le rapport des longueurs des deux lames est déterminé. Cette anomalie provient de ce qu'on a admis comme évident que le *point mort* (où le courant se divise pour entourer l'obstacle) coïncidait avec le bec de l'obstacle. Or ceci n'est vrai que pour une valeur de l'inclinaison δ, les longueurs des lames et leur angle 2α étant donnés. Si l'inclinaison change, *le point mort se déplacera sur une des lames* L_1 et *il se formera le long d'une partie de l'autre* L_2, *une plage de fluide mort*, séparée du fluide en mouvement par une ligne de glissement λ, où la vitesse v_1 sera bien déterminée (<1).

Le calcul confirme cette manière de voir. Le problème se met en marche à l'aide d'une représentation conforme (cf. *Comptes rendus*, 24 avril 1911), faisant correspondre au fluide, par l'intermédiaire d'un plan $f=\varphi+i\psi$, l'aire d'une demi-couronne circulaire dans un plan t, les bords rectilignes correspondant aux lignes de glissement. Cette représentation introduit quatre paramètres A, γ, ω_1, ω_3. Je montre qu'il suffit alors de trouver une fonction $\Omega(t)$, régulière dans cette aire, et dont on connaît la partie réelle sur les frontières circulaires, la partie imaginaire sur les bords rectilignes. Je trouve ici pour cette fonction :

$$\Omega(t) = i\log\frac{\sigma\left(\dfrac{\omega_1}{i\pi}\log t - \dfrac{\omega_1}{\pi}s_0\right)}{\sigma\left(\dfrac{\omega_1}{i\pi}\log t + \dfrac{\omega_1}{\pi}s_0\right)} + \left(\frac{2\eta_1\omega_1}{\pi^2}s_0 + \frac{\log v_1}{\pi}\right)\log t + \pi - \alpha - \delta,$$

où l'on a adopté les notations ordinaires des fonctions elliptiques, et où $\log t$ a sa détermination principale. Le point e^{is_0} est le point du plan t qui corres-

pond au point mort; cela entraîne

$$\gamma \frac{\omega_1}{\pi} s_0 = \frac{(2e_1 - e_3)\,\wp\frac{i\gamma}{2} + e_1^2 + e_2 e_3}{\wp\frac{i\gamma}{2} - e_3}.$$

L'existence de la fonction Ω exige en outre

$$-\frac{\omega_3}{i\omega_1}\log v_1 = s_0 + 2\alpha - \pi.$$

L'orientation de l'obstacle est fixée en écrivant que la vitesse du courant à l'infini est horizontale; cela donne

$$i\log\frac{\sigma_3\left(\frac{\omega_1}{\pi}s_0 + \frac{i\gamma}{2}\right)}{\sigma_3\left(\frac{\omega_1}{\pi}s_0 - \frac{i\gamma}{2}\right)} + \left(\frac{\eta_1}{\pi} - \frac{i}{2\omega_3}\right)s_0\gamma + \frac{i}{2\omega_3}(\pi - 2\alpha)\gamma + \alpha - \delta = 0.$$

Enfin on a une condition à écrire pour que la portion utile de L_2 soit alignée avec le point de L_1 (bec de l'obstacle) d'où se détache la ligne λ, et deux autres conditions pour que les deux lames aient des longueurs données. D'où six relations pour six inconnues A, γ, ω_1, ω_3, s_0, v_1.

Il est loin d'être évident : 1° que la détermination de ces six constantes soit possible; 2° que le mouvement obtenu soit physiquement acceptable.

Je démontre que *le problème est possible, et la solution acceptable entre certaines limites pour l'inclinaison* δ. Il est clair que si δ devient suffisamment grand, la lame arrière disparaît dans le sillage de la lame avant : on retombe alors sur un problème traité notamment par lord Rayleigh. Si δ augmente encore, la lame arrière peut revenir empiéter sur l'autre bord du sillage de la lame avant : on a alors un problème analogue au précédent, et qui s'élucide de même.

Les choses se modifient profondément si l'inclinaison croît encore, de manière que l'obstacle se présente au courant, *bec en arrière*. Dans ce cas, sauf pour une valeur de l'inclinaison pour laquelle le point mort coïncide avec le bec, il se formera encore *une plage de fluide mort* au voisinage du point commun aux deux lames, avec une ligne de glissement λ. Ici la condition d'alignement du problème antérieur disparaît. Mais *la nécessité que la ligne* λ *reste en avant des lames exige que le rayon de courbure de* λ, *au point le plus voisin du point mort, soit différent de zéro.* D'où le nombre d'équations nécessaires. La discussion de ce cas est notablement moins

délicate que celle du cas traité au début. La ligne λ ne présente pas d'inflexion.

Des considérations du même ordre permettent d'élucider de nombreux problèmes d'hydrodynamique, où jusqu'ici l'on se heurtait à une impossibilité. Citons notamment le problème des deux lames parallèles placées dans un courant, la plus grande derrière l'autre (les difficultés relatives à la position même de ce problème ont été signalées par M. M. Brillouin. (Cf. *Annales de Chimie et de Physique*, juin 1911; *Comptes rendus*, juillet 1911.)

Les calculs numériques relatifs au problème traité dans cette Note sont accessibles. J'en publierai une Table dans le Mémoire détaillé.

ÉLECTRICITÉ. — *Contribution à l'étude des effets diélectriques dans les gaz.* Note de M. G. **Millochau**, présentée par M. E. Bouty.

Dans une Note récente (*Comptes rendus*, 1er avril 1912, p. 874), M. Aubertin signale qu'en déchargeant un condensateur à travers une résistance à eau et une étincelle dans un gaz, il reste dans le condensateur un résidu de charge.

Ce phénomène m'ayant également frappé, au cours de travaux sur la décharge dans les tubes de Geissler, je le signalai, dans le commencement de mars 1912, à M. Bouty, qui me conseilla d'examiner la question de plus près et mit gracieusement à ma disposition, pour ces recherches, la batterie de 7500 accumulateurs de son laboratoire.

Le dispositif employé pour cette étude a été le suivant :

Un interrupteur bipolaire permet de charger un condensateur de capacité C, au moyen de la batterie, et, tout en coupant la communication avec celle-ci, de décharger aussitôt ce condensateur à travers le circuit, comprenant le tube spectral (ou une étincelle dans l'air). On peut interposer, dans ce circuit, soit une self-induction, soit une résistance liquide.

Un électromètre relié aux armatures du condensateur permet de suivre les variations du potentiel V de celui-ci.

Nous avons fait varier C de 0,005 microfarads à 0,064 et V de 0 à 6000 volts seulement, n'ayant pas à notre disposition d'électromètre permettant une mesure supérieure.

La résistance liquide est restée la même au cours de ces premiers essais (environ 1 mégohm).

Ces expériences ont montré que la différence de potentiel V_1, nécessaire

pour amorcer la décharge dans un tube spectral, est légèrement variable suivant le mode de décharge; elles ont mis en évidence l'existence d'une limite inférieure V_2 du potentiel, pour lequel la décharge cesse.

Le Tableau suivant donne les résultats obtenus avec divers gaz :

	Limite supérieure V_1		Limite inférieure V_2		
Tube employé.	avec résistance liquide.	avec self ou directement.	avec résistance liquide.	avec self-induction.	directement.
Oxygène, pression : $6^{mm},6$.	4500v	4450v	2000v	500v à 600v	1000v
Hydrogène électrolytique, $p =$ env. 3^{mm}	1450	1250	1300	variable (1) 200 à 300	variable parfois 0
Vapeur donnant le second spectre de l'hydrogène, $p = 5^{mm}$	2610	2430	1750	variable	variable
Hydrogène du formiate de potasse chauffé, $p = 6^{mm},9$	2750	2600	2000	variable env. 1500	variable env. 1000
Étincelle dans l'air	2200	?	1400	variable	variable

Nous avons également remarqué que dans le tube d'hydrogène (du formiate) à la pression de $6^{mm},9$, lorsqu'il s'est produit une première décharge au potentiel V_1, on ne peut obtenir une autre décharge, avec le même potentiel, que 5 ou 6 secondes après l'autre; tout se passe donc comme si la rigidité diélectrique avait été temporairement augmentée par la décharge. Cet effet serait plus important que celui de l'ionisation, qui, à elle seule, devrait produire l'effet inverse.

La rapidité avec laquelle les électrodes sont chargées modifie aussi la valeur de V_1 qui est d'autant plus forte que cette charge se produit plus lentement.

Nous avons indiqué (*Comptes rendus*, 30 octobre 1911, p. 800) que si l'on décharge un condensateur de 0,005 microfarad dans un certain tube spectral, on obtient :

1° Avec une résistance à eau (de l'ordre de 1 mégohm) dans le circuit, une décharge continue d'une durée de l'ordre du centième de seconde;

2° Avec une self-induction de 0,005 henry, une décharge oscillante dont la période est de l'ordre du quarante-millième de seconde;

3° Directement, une décharge brusque, oscillante de période plus courte que le trois-cent-millième de seconde.

---

(1) Variable avec les valeurs de C et de V.

Les irrégularités de V_2, constatées dans les deux derniers cas, lorsque C et V varient, alors que la décharge continue donne, pour chaque tube, une valeur de V_2 constante et indépendante de la quantité d'électricité mise en jeu, confirme ce que l'on pouvait prévoir d'après ce que l'on sait de l'ionisation des gaz, que la reconstitution du diélectrique dans son état initial, exige un temps appréciable, de l'ordre de 10^{-4} seconde. Les remarques faites par M. Aubertin sur la variation de V_1 avec la résistance conduiraient à la même conclusion, puisqu'il a constaté que cette limite diminue avec la durée de la décharge.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination de la densité du camphre au moyen des densités de ses dissolutions dans différents liquides.* Note de M. **H. Malosse**, présentée par M. Armand Gautier.

Les dissolvants dont je me suis servi sont indiqués ci-après avec leurs densités a, à 20° par rapport à l'eau à 4°:

Dissolvants.	a_4^{20}.
Alcool à 99° C.	0,7930
Acétone	0,7970
Alcool méthylique	0,8123
Alcool à 90° C.	0,8330
Benzène	0,8802
Acétate d'éthyle	0,8973
Huile d'olive	0,9141
Diméthylaniline	0,9576
Acide acétique	1,0502
Tétrachlorure de carbone	1,5930

p désignant les grammes de camphre dans 100g de dissolution, et d_4^{20} les densités des dissolutions, les résultats de mes expériences sont représentés dans le Tableau suivant :

p.	d_4^{20}. C^2H^6O à 99° C.	C^3H^6O.	CH^4O.	C^2H^6O à 90° C.	C^6H^6.	$C^2H^3O^2.C^2H^5$.	Huile d'olive.	$(CH^3)^2N.C^6H^5$.	$C^2H^4O^2$.	CCl^4.
0..	0,7930	0,7970	0,8123	0,8330	0,8802	0,8973	0,9141	0,9576	1,0502	1,5930
10..	0,8106	0,8135	0,8276	0,8457	0,8885	0,9041	0,9188	0,9580	1,0414	1,5295
20..	0,8264	0,8303	0,8425	0,8587	0,8966	0,9109	0,9235	0,9583	1,0328	1,4664
30..	0,8438	0,8469	0,8580	0,8707	0,9250	0,9177	0,9282	0,9589	1,0235	1,4033
40..	0,8615	0,8635	0,8731	»	0,9135	0,9244	»	0,9540	1,0149	1,3398
50..	0,8782	»	0,8883	»	0,9214	0,9311	»	0,9598	1,0061	1,3082
60..	»	»	»	»	»	»	»	0,9603	0,9973	»

En portant les valeurs de p en abscisses et celles de d_4^{20} en ordonnées, le graphique obtenu montre que les lignes figuratives des densités en fonction du tant pour cent de camphre sont des droites qui, prolongées, coupent l'ordonnée élevée au point 100 de l'axe des abscisses, respectivement à

0,963; 0,963; 0,964; 0,962; 0,963; 0,965; 0,961; 0,962; 0,962; 0,961.
Moyenne = 0,963.

Ces droites peuvent, sans erreur sensible, être considérées comme se confondant respectivement avec celles qu'on obtient en joignant ce point moyen 0,963 avec les points de l'axe des ordonnées qui représentent les densités a des différents dissolvants.

Les premières droites ont en effet pour équation

$$b = \frac{y - a}{x},$$

et les secondes

$$b' = \frac{0,963 - a}{100}.$$

Or le Tableau suivant montre que l'erreur commise en posant

$$\frac{y - a}{x} = \frac{0,963 - a}{100}$$

est absolument négligeable :

Dissolvants.	b. 0,00.	b'. 0,00.
C^2H^6O	+1700	+1700
C^3H^6O	+1660	+1660
CH^4O	+1507	+1520
C^2H^6O	+1300	+1290
C^6H^6	+0828	+0828
$C^2H^3O^2.C^2H^5$	+0657	+0687
Huile d'olive	+0489	+0470
$(CH^3)^2N.C^6H^5$	+0054	+0044
$C^2H^4O^2$	−0872	−0882
CCl^4	−0630	−0633

Le point moyen de convergence des lignes de densité des dissolutions de camphre semble donc pouvoir, par extrapolation, il est vrai, mais néanmoins avec une probabilité très voisine de la certitude, donner la densité du camphre solide, soit, approximativement, 0,963, d'après les déterminations sus-indiquées.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les periodates alcalins.* Note de M. V. **Auger**, présentée par M. A. Haller.

On sait que les iodures alcalins en solution aqueuse, soumis à l'action de l'ozone, s'oxydent avec mise en liberté d'iode. A la première réaction

$$2\,IK + O^3 + H^2O = O^2 + I^2 + 2\,KOH$$

succède immédiatement la formation d'hypoiodite d'après

$$I^2 + 2\,KOH \rightleftharpoons IOK + IK + H^2O$$

et enfin l'hypoiodite se transforme très rapidement en iodure et iodate, de sorte que la quantité d'iode libre est toujours très faible. Garzarolli-Thurnlackh [1] a cru pouvoir affirmer qu'il se forme en outre du periodate, mais la réaction sur laquelle il se base pour en prouver l'existence est mal choisie et de nature à induire en erreur : en effet, il précipite la solution ozonisée par $AgNO^3$, et traite le précipité par une solution de NaCl pour transformer en sel de sodium l'iodate et le periodate formés; puis, après avoir ajouté un iodure à cette solution, il y fait passer un courant de CO^2 qui provoque la mise en liberté d'iode par l'action du periodate sur l'iodure. A ce sujet, l'auteur dit expressément, en note : « Je me suis assuré qu'un mélange d'iodure et d'iodate, soumis à l'action d'un courant de CO^2 pendant 2 heures, ne produit aucune coloration. » En fait, au moment même du mélange des solutions d'iodure et d'iodate saturées de CO^2, il y a mise en liberté immédiate d'iode, et la quantité de celui-ci croît rapidement; il est vrai qu'on arrive à restreindre cette mise en liberté d'iode par l'addition d'une certaine quantité de bicarbonate alcalin; mais pour qu'au bout de 2 heures il n'y ait que des traces d'iode libéré, il faut ajouter environ 6^{mol} de bicarbonate alcalin pour 1^{mol} d'iodate, et le cas ne s'est certainement jamais présenté dans les expériences de l'auteur. De mon côté, en opérant avec cette addition nécessaire de bicarbonate, je n'ai pu déceler la présence de periodate, et il en a été de même par l'emploi de réactions aussi sensibles, telles que la coloration des sels d'argent, qui en présence de faibles quantités de periodate donnent un précipité de couleur foncée, contenant du periodate basique d'argent.

---

(1) *Monatsb.*, t. XXII, p. 955.

Dans le courant de son étude sur les periodates, Garzarolli-Thurnlackh s'est trouvé sur deux points en contradiction avec les résultats publiés par Péchard [1]. Le premier point est relatif aux proportions d'iode et d'iodate formés par l'oxydation de l'iodure au moyen de l'ozone; l'équilibre qui s'établit rapidement dans cette réaction correspond à la mise en liberté d'une quantité d'iode qui reste à peu près constante et toujours assez faible, pendant que la proportion d'iodate augmente de plus en plus; il n'y a donc pas lieu d'assimiler cette réaction à celle d'un periodate formé tout d'abord, réagissant ensuite sur l'iodure, comme l'a cru Péchard. Le second point se rapporte à l'action des iodures sur les periodates; Garzarolli-Thurnlackh a trouvé que la quantité d'iode libéré est de $\frac{1}{10}$ de celle qui serait formée par réduction totale du periodate par l'iodure, tandis que Péchard a trouvé que la mise en liberté d'iode correspond à $\frac{1}{12}$, au bout de 1 heure environ, d'après

$$3\,IO^4Na + 2\,NaI + 3\,H^2O = 2\,IO^6Na^2H^3 + IO^3Na + 2\,I.$$

En réalité, les résultats des deux auteurs ont été faussés par la présence de l'acide carbonique de l'air qui agit rapidement sur le periodate basique formé. Ces expériences exécutées avec toutes les précautions nécessaires m'ont montré que la réaction citée plus haut est immédiate; que la réaction

$$2\,IO^6Na^2H^3 + 2\,I = 3\,IO^3Na + 2\,INa + 3\,H^2O,$$

provoquant la destruction de l'iode formé, commence immédiatement et qu'au bout de 1 heure, il en a disparu près de 50 pour 100. Si l'on opère en vase ouvert, le periodate basique se carbonate en reformant du periodate neutre qui met en liberté de nouvelles quantités d'iode, de sorte que le taux de celui-ci reste sensiblement constant pendant cette période de 1 heure, pendant laquelle il se forme de l'iodate d'après les réactions

$$IO^6Na^2H^3 + CO^2 = CO^3NaH + H^2O + IO^4Na$$

et

$$IO^4Na + 2\,INa + CO^2 + H^2O = IO^3Na + I^2 + 2\,NaHCO^3.$$

Dans ce dernier cas la solution ne se décolore jamais totalement, comme l'a montré Garzarolli-Thurnlackh qui ne s'est pas rendu compte de la raison de ce phénomène.

---

(1) *Comptes rendus*, t. **128**, p. 1101, et t. **130**, p. 1705.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Emploi des méthodes de volumétrie physico-chimique au dosage des éléments de l'eau.* Note de M. F. **Dienert**, présentée par M. A. Müntz.

Dans une précédente Note (*Comptes rendus*, t. 154, p. 1504), M. Guillerd et moi avons montré comment on pouvait doser quelques éléments chimiques par les méthodes de volumétrie physico-chimique. Nous ajoutions, à la fin de la Note, « que ces dosages sont facilités quand on a déjà une idée de la concentration des éléments à doser ».

Nous rappellerons un procédé classique pour connaître la proportion approximative de magnésie dans une eau. On prend le degré hydrotimétrique, on le multiplie par 5,731 et l'on obtient la quantité de chaux et de magnésie par litre, exprimées en chaux (CaO); on fait ensuite le dosage de la chaux totale contenue dans 1^l d'eau. La différence entre ces deux chiffres représente la quantité de magnésie exprimée en chaux. En divisant ce nombre par 1,4, on connaît la quantité approximative de magnésie contenue dans 1^l d'eau.

Un calcul et quelques dosages simples permettent également de connaître la quantité approximative d'acide sulfurique.

La conductibilité chimique d'une eau est la somme des conductibilités dues aux sels dissous. Ces sels sont les carbonates, les silicates, les nitrates, les chlorures et les sulfates. Quand ils sont à un état de dilution convenable (comme dans les eaux douces), la conductibilité électrique de chacun d'eux est sensiblement proportionnelle au poids de sel dissous.

Les carbonates et silicates sont donnés par le dosage de l'alcalinité de l'eau, l'azote nitrique représente les nitrates, le chlore les chlorures, l'anhydride sulfurique les sulfates. D'autre part, dans les eaux douces, ces différents acides sont très sensiblement neutralisés par les mêmes bases.

Dans ces conditions, nous pouvons écrire l'égalité suivante :

$$a \times \text{alcalinité (exprimée en CaO)} + b \times \text{azote nitrique} + c \times \text{chlore} + d \times SO^3 = \frac{100000}{\text{résistivité électrique de l'eau}},$$

qui exprime que la conductibilité totale est égale à la somme des conductibilités de chacun des sels dissous dans l'eau (représentés par les acides).

a, *b*, *c*, *d* sont des coefficients qu'on peut obtenir par l'expérience : *a* est déterminé

par quelques analyses d'eau connaissant b, c, d. Ces derniers coefficients sont obtenus en ajoutant à une eau, de conductibilité électrique connue, un poids connu, soit de nitrate de soude, soit de chlorure de sodium, soit de sulfate de soude.

Avant toute addition de sel, l'eau a une résistivité électrique ρ et l'on peut écrire l'égalité suivante :

$$A = \frac{100000}{\rho},$$

après addition de 10^{mg} d'azote nitrique par exemple, l'eau a une résistivité ρ' et l'on peut écrire l'égalité

$$A + 10b = \frac{100000}{\rho'}, \qquad \text{d'où} \qquad b = 10000\left(\frac{1}{\rho'} - \frac{1}{\rho}\right).$$

Nous avons trouvé, par expérience,

$$a = 0,29, \qquad b = 0,77, \qquad c = 0,30, \qquad d = 0,21.$$

Si, dans une eau, on titre l'alcalinité, l'azote nitrique, le chlore et la résistivité électrique, il est facile de trouver SO^3 de notre précédente formule. Le résultat ainsi obtenu est suffisant pour pouvoir employer la méthode de volumétrie physico-chimique, destinée à un dosage plus précis.

Voici quelques résultats obtenus avec des eaux très différentes :

	Cl.	Az.	SO^3 trouvé.	SO^3 calculé.
	mg	mg	mg	mg
Eau de la Loire	6	0,5	11	13
Eau de la Dhuys	6	3	5	6
Eau d'égout traitée sur lit bactérien	64	18	112,5	128

Réciproquement, connaissant la résistivité électrique d'une eau, on peut, par l'égalité précédente, contrôler une analyse d'eau comportant comme éléments dosés l'alcalinité, l'azote nitrique, le chlore, l'acide sulfurique.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *De l'emploi de l'oxygène sous pression pour doser le carbone total des ferro-alliages.* Note de MM. **P. Mahler** et **E. Goutal**, présentée par M. Ad. Carnot.

Nous avons publié, au mois de septembre dernier [1], que la combustion,

[1] *Comptes rendus*, t. 153, p. 549.

au sein de l'obus calorimétrique, permet de doser le carbone des aciers. Depuis cette époque, nous avons continué l'étude du procédé; nous en avons perfectionné l'application pratique et nous avons démontré qu'il s'applique avec la même simplicité et la même précision à la détermination du carbone des ferro-alliages, même les plus réfractaires.

Nous avons étudié un grand nombre d'échantillons dus à la complaisance de divers établissements métallurgiques. Les prises d'essai, dans nos expériences, ont varié de $0^g,50$ à 3^g, suivant la teneur présumée en carbone.

Pour obtenir une combustion complète et la parfaite oxydation du métal, nous avons reconnu qu'en plus d'un fondant, tel que l'oxyde de plomb, dont nous avons parlé au cours de notre précédente Communication, il est nécessaire d'employer un combustible auxiliaire.

Le combustible auxiliaire est utilisé, depuis longtemps, pour la combustion calorimétrique des corps difficiles à brûler. Nous avons étudié l'emploi du manganèse aluminothermique et du fer métallique en fines perçures. C'est, finalement, le fer métallique de teneur connue en carbone que nous avons adopté; il a pour avantage de diminuer, dans la masse à oxyder, la teneur moyenne de l'élément réfractaire. L'emploi du fer métallique est légitime, puisque l'on peut, dans l'appareil même, fixer la teneur en carbone du métal, pris comme combustible auxiliaire, sur une prise d'essai de 10^g et au delà. Dans cet emploi du fer métallique, nous nous sommes trouvés d'accord avec M. de Nolly qui s'en sert dans son ingénieuse méthode pour brûler les ferro-alliages (1).

Nous avons reconnu que l'on obtenait, en général, une bonne combustion en ajoutant à la prise d'essai deux à trois fois son poids de fer métallique et la moitié de la charge totale en oxyde de plomb ou en oxyde de cuivre. Toutefois, dans notre appareil, on réalise difficilement la combustion complète, si la masse totale à brûler n'atteint pas au moins 3^g. Dans le cas d'une prise d'essai de faible poids, par exemple celle d'un métal très carboné, il faut donc forcer la proportion de fer métallique.

D'une façon générale, les teneurs en carbone que nous indiquons plus loin ont été obtenues comme il suit :

On déterminait le carbone d'une charge composée de la prise d'essai du métal, d'un certain poids de fer métallique et d'un peu d'oxyde de plomb. On fixait ensuite le carbone d'une charge composée du même poids de fer métallique et d'oxyde de plomb, la soude titrée servant de réactif

(1) DE NOLLY, *Revue de Métallurgie*, 1911, p. 391 et 717.

alcalin pour l'absorption de l'anhydride carbonique, l'acide sulfurique étendu étant employé pour le titrage en présence de la phtaléine du phénol. Dans les deux expériences, on opérait d'une façon identique, même pression, même volume de liqueurs de titrage et de lavage. En conséquence, la différence des résultats était exactement égale à la quantité de carbone cherchée, toutes les causes d'erreur, connues ou inconnues, étant éliminées. Nos combustions ont été réalisées sous des pressions variant de 5^{atm} à 10^{atm}.

Nous donnons ci-dessous un Tableau qui les résume et qui donne la comparaison de nos résultats (colonne I) avec ceux obtenus par les laboratoires des usines (colonne II). La colonne III indique les résultats que nous avons trouvés, en traitant quelques-uns des ferro-alliages au four électrique. Nous donnons ces derniers résultats à titre de comparaison seulement, car nous regardons l'emploi du four électrique comme bien moins sûr que notre méthode.

	Carbone pour 100.		
Désignation du métal.	I.	II.	III.
Ferro-manganèse à 81 pour 100 de manganèse (Creusot).....	5,81	5,83	»
Silico-spiegel à 18 pour 100 de manganèse à 8,7 pour 100 de silicium (Creusot)......	2,47	2,42	»
Ferro-chrome à 67 pour 100 (Soc. métal. du Giffre)........	0,81	0,75	»
Ferro-chrome à 70,19 pour 100 (Soc. métal. du Giffre).....	3,53	3,40	»
Ferro-chrome à 73,37 pour 100 (Soc. métal. du Giffre).....	6,20	5,80	»
Ferro-chrome à 67,1 pour 100 (Creusot)..................	6,70	6,53	»
Ferro-chrome à 68,8 pour 100 (Forges et Aciéries de la Marine, M. de Nolly)............	10,56	10,64	9,73
Ferro-silicium à 26,20 pour 100 de silicium (Creusot)......	0,183	0,14	0,13
Ferro-silicium à 74,80 pour 100 de silicium (Forges et Aciéries de la Marine, M. de Nolly)...........................	0,198	0,12	0,11
Ferro-tungstène à 85,28 pour 100 de tungstène (Creusot)....	0,89	0,87	»
Ferro-vanadium à 43,8 pour 100 de vanadium (M. de Nolly).	3,65	3,81	3,65
Ferro-vanadium à 41 pour 100 de vanadium (M. de Nolly)...	0,317	0,32	»
Ferro-molybdène à 74,225 pour 100 de molybdène (M. de Nolly)	3,67	4,09	3,70
Ferro-aluminium à 16,75 pour 100 d'aluminium (M. de Nolly).	0,785	0,95	»
Ferro-titane à 20,40 pour 100 de titane (M. de Nolly).......	0,06	0,10	»
Chrome aluminothermique à 96,75 pour 100 de chrome (M. de Nolly).................................	0,185	0,18	»

Nos chiffres sont assez souvent différents de ceux des usines, tantôt en plus, tantôt en moins. Il convient de remarquer que notre méthode admet des prises d'essai d'un poids bien supérieur aux prises d'essai que permettent

les autres procédés. Au sein de l'obus, la combustion est complète, sans trace appréciable d'oxyde de carbone.

Des corps acides, pouvant résulter de la combustion vive de certains alliages, tels que l'acide vanadique et l'acide molybdique, se condensent à l'état pulvérulent sur les parois de l'obus; aucune partie de ces acides ne saurait contribuer à surcharger le dosage. Enfin, à la fin de l'opération, on trouve le résidu fondu dans la capsule et l'on peut examiner ce résidu. Nous n'avons jamais admis comme bonnes que les combustions laissant un résidu parfaitement fondu et homogène.

Nous croyons que notre méthode rendra des services aux industriels et aux savants, en leur donnant le moyen de doser le carbone des ferro-alliages réfractaires, avec une sécurité et une facilité que n'offrent pas les autres procédés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation catalytique de la benzylidène-acétone.* Note de M. G. Vavon, présentée par M. Haller.

On peut aisément réduire la benzylidène-acétone dissoute dans l'éther ou l'acétate d'éthyle en l'agitant dans une atmosphère d'hydrogène en présence de noir de platine comme catalyseur. On fixe ainsi jusqu'à 10^{at} d'hydrogène par molécule, cette cétone se transformant alors en cyclohexylbutanol $C^6H^{11}CH^2CH^2CHOHCH^3$.

La vitesse d'absorption du gaz, très grande au début, diminue bientôt et la réaction ne se termine que lentement.

Voici à titre d'exemple la marche d'une de ces expériences :

Benzylidène acétone	13^g
Éther ordinaire	30
Platine	6

Volumes absorbés.	Temps comptés à partir du début.	Temps mis pour absorber 2^l.
2^l	6^m	6^m
4	17	11
6	44	27
8	74	30
10	130	56

On voit que la réduction est surtout rapide pendant la fixation des quatre premiers atomes d'hydrogène.

Étant donnée l'allure de la variation de la vitesse en fonction du volume absorbé, j'ai été conduit à penser que l'hydrogénation se faisait peut-être en plusieurs temps, ainsi que je l'avais déjà constaté pour le limonène et la carvone [1]. L'expérience a complètement vérifié cette prévision et *l'on peut, en arrêtant l'opération au moment convenable obtenir à volonté la phénylbutanone, le phénylbutanol ou le cyclohexylbutanol.*

Phénylbutanone. — $C^6H^5-CH^2-CH^2CO-CH^3$.

Pour préparer cette cétone on arrête la réduction de la benzylidène-acétone au moment où se trouvent absorbés 22^l d'hydrogène par molécule de cétone. Le produit ainsi obtenu est presque uniquement constitué par la phénylbutanone. On la purifie en passant par le dérivé bisulfitique. C'est un liquide bouillant à 110°-112° sous 12^{mm} de densité $d_4^{17}=0,992$ et d'indice $n_D^{17}=1,514$.

Son oxime se présente sous forme de longues aiguilles fondant à 87°.

Phénylbutanol. — $C^6H^5-CH^2-CH^2-CHOH-CH^3$.

En arrêtant la réduction de la benzylidène-acétone un peu avant d'avoir fixé 4^{at} d'hydrogène par molécule de cétone, on a un liquide formé de phénylbutanol contenant seulement un peu de benzylacétone non réduite. On purifie l'alcool en passant par un éther, comme le benzoate, à point d'ébullition très différent de celui de la cétone. Par rectification et saponification, on obtient un liquide à odeur très agréable et répondant à la formule $C^{10}H^{14}O$. Il bout à 115°-116° sous 12^{mm}, a comme densité $d_4^{17}=0,976$ et comme indice $n_D^{17}=1,513$.

Acétate : Ébullition 123°-124° sous 13^{mm} ; $n_D^{16}=1,489$; $d_4^{16}=0,991$.

Benzoate : Ébullition 195° sous 12^{mm} ; $n_D^{15}=1,545$; $d_4^{15}=1,058$.

Cyclohexylbutanol. — $C^6H^{11}-CH^2-CH^2-CHOH-CH^3$.

La réduction complète de la benzylidène-acétone conduit au cyclohexybutanol. C'est un liquide à odeur agréable rappelant celle du phénylbutanol. Il bout à 112° sous 14^{mm}, a comme densité $d_4^{17}=0,905$ et comme indice $n_D^{17}=1,467$.

Acétate : Ébullition 115°-116° sous 12^{mm} ; $n_D^{14}=1,450$; $d_4^{14}=0,932$.

Benzoate : Ébullition 190° sous 12^{mm} ; $n_D^{14}=1,512$; $d^{14}=1,009$.

Il est à remarquer que l'hydrogénation du noyau benzénique par la méthode au noir de platine n'est pas spéciale à la benzylidène-acétone. Je l'ai en effet obtenue pour le benzylidène-camphre, l'acétophénone et aussi pour des carbures benzéniques, comme la benzine, le toluène, l'éthylbenzène.

---

(1) *Comptes rendus*, t. **152**, p. 1675 et t. **153**, p. 68.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés de l'aldéhyde hexahydrobenzoïque.* Note de M. **Jules Frézouls**, présentée par M. Haller.

Dans une précédente Note (¹) j'ai montré, en collaboration avec M. Godchot, que l'aldéhyde hexahydrobenzoïque est susceptible de se combiner à l'acide cyanhydrique pour donner le nitrile-alcool correspondant et que ce dernier, par saponification, donne l'acide hexahydrophénylglycolique. Cette Note a pour but de faire connaître quelques nouveaux dérivés de cette aldéhyde.

I. *Condensation avec l'anhydride acétique en présence d'acétate de sodium anhydre.*

J'ai chauffé à 180° pendant 8 heures l'aldéhyde hexahydrobenzoïque avec l'anhydride acétique, en présence d'acétate de soude fondu, dans le but d'obtenir, suivant la réaction de Perkin, l'acide hexahydrocinnamique. Le résultat a été négatif; il en a été de même dans un essai en tube scellé à la température de 200°-210°. Dans les deux cas, l'aldéhyde s'est d'abord polymérisée et le dimère, $(C^6H^{11}CHO)^2$, qui s'est formé n'a plus réagi. Le poids d'aldéhyde introduit dans la réaction se retrouve du reste, à la fin de l'opération, transformé en dimère déjà décrit par Wallach (²).

II. *Condensation avec le cyanure de potassium.*

Lorsqu'on chauffe l'aldéhyde hexahydrobenzoïque en présence de cyanure de potassium, on obtient le même résultat que dans l'opération précédente. Il y a donc lieu de penser que tous les essais de condensation avec l'aldéhyde hexahydrobenzoïque nécessitant l'intervention de la chaleur doivent aboutir à la production des produits de polymérisation de cette aldéhyde. Cette tendance remarquable à la polymérisation différencie nettement l'aldéhyde hexahydrobenzoïque de l'aldéhyde benzoïque et semble la rapprocher, dans une certaine mesure, des aldéhydes grasses. A la température ordinaire, les essais de condensation m'ont donné de meilleurs résultats.

III. *Hexahydrobenzylidène-acétophénone*

$$C^6H^{11}-CH=CH-CO-C^6H^5$$

On mélange une molécule d'aldéhyde hexahydrobenzoïque à une molécule d'acétophénone et l'on ajoute 3^{cm^3} ou 4^{cm} de méthylate de soude à 20 pour 100. Le mélange s'échauffe; on le refroidit aussitôt et on l'abandonne 2 ou 3 jours à la tempé-

(¹) Godchot et Frézouls, *Comptes rendus*, t. 150, p. 1248.

(²) Wallach, *Ann. der Chemie*, t. CCCXLVII, p. 331.

rature d'environ 10°. On lave ensuite à l'eau jusqu'à réaction neutre, et l'on distille l'excès d'acétophénone et d'aldéhyde sous pression réduite. Le résidu, repris par l'alcool bouillant, abandonne par refroidissement l'hexahydrobenzylidène-acétophénone. Ce composé se présente sous la forme de fines aiguilles incolores, fusibles à 167°-168°, très solubles à chaud dans l'alcool, peu solubles à froid, très solubles dans l'éther et l'acétone.

IV. *Benzylidène-hexahydroacétophénone*

$$C^6H^5-CH=CH-CO-C^6H^{11}.$$

J'ai obtenu l'isomère du corps précédent en condensant, en présence de méthylate de soude à 20 pour 100, une molécule d'aldéhyde benzoïque et une molécule d'hexahydroacétophénone.

L'hexahydroacétophénone a été préparée par l'action de l'aldéhyde acétique sur le bromure de cyclohexylmagnésium, ainsi que l'ont indiqué Bouveault [1] et M. Godchot [2]. La benzylidène-hexahydroacétophénone, isolée comme la combinaison décrite plus haut, cristallise dans l'alcool sous forme de grandes lamelles incolores, fusibles à 58°-59°, très solubles à chaud dans l'alcool, peu à froid, peu solubles dans l'éther. Le brome agit à froid sur cette cétone, en solution chloroformique, avec production du dibromure correspondant $C^6H^5-CHBr-CHBr-CO-C^6H^{11}$. Ce dernier forme de longues aiguilles fusibles à 144°-145°.

V. J'ai enfin essayé de combiner, dans les mêmes conditions, l'aldéhyde hexahydrobenzoïque avec l'hexahydroacétophénone de manière à obtenir l'hexahydrobenzylidène-hexahydroacétophénone

$$C^6H^{11}-CH=CH-CO-C^6H^{11}.$$

Un très léger échauffement se manifeste lorsqu'on ajoute le méthylate de soude, mais on n'obtient, après distillation sous pression réduite, qu'un produit huileux qui, abandonné à lui-même pendant un temps assez long, n'a pas cristallisé.

VI. Le rendement dans la préparation de l'hexahydrobenzylidène-acétophénone est de 6 pour 100 du rendement théorique, tandis que celui de la préparation de l'isomère est de 12 pour 100. Si on les compare avec l'excellent rendement (90 pour 100) réalisé dans la préparation de la benzylidène-acétophénone ordinaire par le même procédé, on peut conclure que l'hydrogénation du noyau cyclique correspond certainement à une diminution considérable de l'aptitude aux condensations.

---

(1) Bouveault, *Bull. Soc. chim.*, 1903, p. 1051.
(2) Godchot, *Comptes rendus*, t. 151, p. 1131.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de la concentration des solutions de substances nutritives sur leur absorption par les végétaux.* Note [1] de MM. **I. Pouget** et **D. Chouchak**, présentée par M. Th. Schlœsing fils.

Lorsque les racines d'un végétal plongent dans une dissolution, ses cellules tendent à se mettre en équilibre osmotique avec elle, et l'absorption s'arrête lorsque cet équilibre est réalisé. Mais, si les substances dissoutes sont susceptibles de servir d'aliments à la plante, elles sont après leur pénétration décomposées ou transformées plus ou moins rapidement, l'équilibre osmotique qui s'était établi se trouve rompu et l'absorption continue. On peut donc dire, comme on le fait généralement, que c'est *la consommation des substances nutritives qui en règle l'absorption*.

Il en est certainement ainsi avec des solutions suffisamment concentrées, mais il n'en est plus de même avec les solutions *très diluées*, comme celles qu'on rencontre dans le sol : ce n'est pas *la consommation mais la concentration de la solution qui règle l'absorption d'une substance nutritive quelconque*.

On s'en rend aisément compte en remarquant que la pénétration de la substance solide dans la racine est déterminée par la pression osmotique, or celle-ci ne dépend que de la concentration de la solution et lui est proportionnelle [2] : *l'absorption doit donc être proportionnelle à la concentration de la solution, pourvu que les quantités de substance absorbées puissent être assimilées au fur et à mesure de leur pénétration.*

C'est ce qui doit avoir lieu avec les solutions très diluées où les quantités absorbées sont insuffisantes pour satisfaire aux exigences de la vie du végétal.

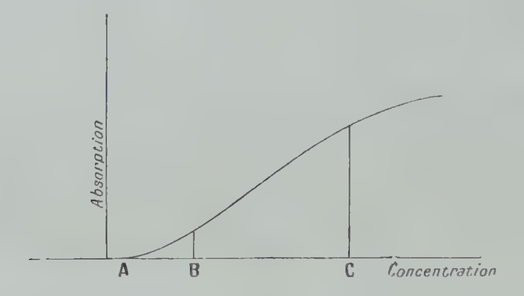
D'autre part, si l'on plonge les racines d'un végétal dans des solutions de plus en plus concentrées, il arrive un moment où l'assimilation de la substance nutritive par la plante ne se fait pas aussi vite que la pénétration ; la substance s'accumule dans les cellules : à partir de ce moment, *la pénétration ne dépend pas de la pression osmotique de la solution*, *mais de la diffé-*

(1) Présentée dans la séance du 10 juin 1912.

(2) Les parois des cellules ne sont pas parfaitement semi-perméables ; il y a donc à la fois diffusion et osmose; mais ces phénomènes sont tous deux *proportionnels à la concentration de la solution;* c'est pour simplifier l'exposé que nous n'en faisons intervenir qu'un seul : la pression osmotique.

rence entre cette pression et la pression osmotique du suc des cellules (relative à la substance); l'absorption n'est plus proportionnelle à la concentration, mais elle croît encore avec elle, comme le montrent les résultats de nos expériences.

Nous les avons effectuées par deux méthodes différentes : dans l'une, on mesure les quantités des substances nutritives absorbées par deux lots de plantes *identiques*, plongés dans des solutions de concentration différente; dans l'autre, on mesure les quantités des substances absorbées par un même lot de plantes dont les racines plongent dans des solutions de plus en plus concentrées : en prenant un nombre de plantes assez grand



(25 ou 30 jeunes plants de blé), on peut réduire la durée de chaque expérience à 30 minutes, à la condition d'utiliser pour les dosages les procédés colorimétriques.

Nos expériences ont porté sur l'absorption de l'acide phosphorique, de la potasse, de l'azote nitrique, ammoniacal et organique (urée et solutions organiques obtenues en lessivant des terres végétales par l'eau). Les résultats, que nous ne pouvons rapporter ici, peuvent être résumés ainsi :

Lorsque la concentration de la dissolution est *très petite* (moins de $0^{mg},1$ par litre pour l'acide phosphorique) l'absorption n'a pas lieu [1]; la plante tend au contraire à excréter sous forme minérale ou organique les substances qu'elle a déjà absorbées.

Si la concentration augmente d'une manière continue, l'absorption croît d'abord plus vite que la concentration, jusqu'à une certaine limite à partir de laquelle elle lui est exactement proportionnelle; la proportionnalité ne se maintient pas indéfiniment, il arrive un moment où l'absorption croît

---

[1] Pour que l'absorption puisse se produire, il faut que la pression osmotique ou les forces qui régissent la diffusion soient suffisantes pour vaincre les résistances opposées par les parois des cellules.

moins vite que la concentration et finalement elle tend à en devenir indépendante (la consommation règle alors l'absorption).

L'allure générale du phénomène est représentée par la courbe ci-contre: les concentrations A, B, C qui limitent les dernières régions de la courbe dépendent de la substance absorbée, et aussi de l'état de la plante, de la période végétative à laquelle on la considère.

Notons encore que, dans les solutions très diluées, l'absorption des éléments nutritifs est beaucoup plus rapide que celle de l'eau.

Ces résultats montrent que les eaux du sol, malgré leur faible teneur en éléments fertilisants, doivent jouer, comme l'a fait voir M. Schlœsing fils (¹), et comme nous l'avons vérifié nous-même (²) pour l'acide phosphorique, un rôle très important dans l'élaboration des récoltes.

En effet, si les concentrations de l'eau du sol pour tous les éléments nécessaires à la vie du végétal sont supérieures aux concentrations limites C, la nutrition se fera normalement, la récolte ne dépendra que des conditions climatériques. Il n'en sera plus de même si pour tous les éléments, ou même pour un seul, la concentration du sol est inférieure à cette limite; l'absorption de cet élément et, par suite de la loi du minimum, le poids de la récolte seront sous la dépendance de cette concentration.

CHIMIE AGRICOLE. — *Recherches sur les relations de la plante avec les éléments nutritifs du sol. Loi du minimum et loi des rapports physiologiques.* Note de M. **P. Mazé**, présentée par M. E. Roux.

Le rendement d'une culture, effectuée sur un milieu nutritif naturel ou artificiel, se règle, dit-on, sur la substance alimentaire la moins abondante par rapport aux exigences de la plante.

Voilà l'énoncé d'une loi connue en agriculture sous le nom de *loi du minimum*.

Mes recherches sur le développement du maïs en milieu aseptique m'ont permis de constater que cette loi est une conception purement spéculative.

Les relations d'une plante avec son substratum nutritif sont subordonnées, comme on va le voir, à des conditions multiples qui obéissent à une loi que j'appellerai *la loi des rapports physiologiques*.

Soit, par exemple, le milieu suivant (Tableau I) :

(¹) *Comptes rendus*, t. 137, 1898, p. 236, 237.
(²) *Rev. gén. de Chim. pure et appl.*, 1910.

TABLEAU I.

Eau distillée	1000	Chlorure de manganèse + 4 aq	0,05
Phosphate de potassium neutre	1	Chlorure de zinc	0,05
Sulfate de magnésium + 7 aq	0,2	Silicate de potassium	0,05
Sulfate ferreux + 7 aq	0,1	Carbonate de calcium	2

Dans ce milieu additionné de 1 pour 1000 de nitrate de sodium ou d'un autre sel azoté à dose équivalente d'azote, le maïs achève son cycle végétatif, de la germination à la maturation des graines, si la solution demeure aseptique.

On y fait pousser des plants de maïs, jusqu'à ce qu'ils aient atteint un poids sec moyen de 10g. A partir de ce moment, on leur offre une solution incomplète pourvue d'un seul élément nutritif, après avoir, bien entendu, siphonné la solution mère et lavé les racines à plusieurs reprises à l'eau distillée.

Dans la solution incomplète la plante vit sur la réserve de matières minérales qu'elle a empruntées à la solution mère; les éléments qui constituent cette réserve présentent entre eux des rapports quantitatifs qui répondent aux conditions physiologiques les plus favorables à la plante, puisque c'est elle qui les a réglés.

L'élément en solution se présente alors en très grand excès par rapport aux autres, et doit vraisemblablement troubler l'évolution de la plante.

Le Tableau II donne des résultats fournis par des pieds de maïs soumis à ce traitement, l'eau distillée étant utilisée comme milieu témoin :

TABLEAU II.

Nature de l'aliment azoté de la solution mère.	Poids sec de la plante calculé avant l'expérience en grammes.	Substance introduite dans la solution incomplète en grammes pour 1000.	Poids sec à la fin de l'expérience en grammes.	Gain de matières sèches en grammes.	Rapport du gain au poids sec initial.	Durée de l'expérience en jours.
$NO^3.NH^4$	13,976	NO^3NH^4 — 0,5	40,100	26,224	1,87	49
$NO^3.Na$	7,947	NO^3Na — 1	27,38	19,433	2,44	48
$SO^4(NH^4)^2$	9,751	$SO^4(NH^4)^2$ — 0,5	15,79	6,039	0,61	40
NH^4Cl	7,315	NH^4Cl — 0,5	13,36	6,045	0,82	39
NO^3Na	12,002	PO^4HK^2 — 1	33,015	21,013	1,75	60
NO^3NH^4	10,084	Eau distillée	39,65	29,566	2,94	47

Bien que les éléments en solution soient offerts à une concentration très favorable à la végétation, c'est-à-dire à une concentration physiologique, c'est l'eau distillée qui donne le meilleur résultat, et de beaucoup.

On peut faire agir les solutions incomplètes sur des plantules qui ont germé dans l'eau distillée pure. On observe alors des influences curieuses dont les résultats ne sont pas tous à leur place dans cette Note.

Celui qui nous intéresse est le suivant :

Toutes les solutions, constituées par un seul élément nutritif qui ne renferme ni soufre ni fer, provoquent une chlorose plus ou moins intense de la plantule. Les pieds qui végètent dans l'eau distillée conservent leur couleur verte. Le nitrate de potassium à 0,5 pour 1000 décolore complètement les feuilles. On peut faire apparaître la couleur verte en déposant sur le limbe des gouttelettes d'azotate ferrique à 0,2 pour 1000. Les sulfates ne produisent pas le même résultat ; c'est donc le fer qui fait défaut parce qu'il est soustrait à la plante par voie d'exosmose.

Les solutions dans lesquelles les rapports de concentration entre les divers éléments ne remplissent pas les conditions physiologiques exigées par la plante, gênent donc la végétation suivant divers processus.

Les végétaux inférieurs se prêtent mieux à ces démonstrations que les plantes de la grande culture.

Prenons l'*Aspergillus niger* pour lequel le liquide Raulin constitue un milieu de choix. Si on le fait pousser sur des solutions de concentration $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, 1, 2, 4, 8, 16, on obtient, sur 50^{cm^3} de liquide, les poids suivants de mycélium au bout de 4 jours, l'acidité et la richesse en sucre étant partout les mêmes.

TABLEAU III.

Degré de concentration du liquide Raulin...	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	2	4	8	16
Poids du mycélium en grammes..........	0,473	0,737	1,094	1,057	0,9605	0,842	0,872

Si l'on prépare maintenant trois milieux de concentration $\frac{1}{2}$, 1, 16, et un quatrième de concentration $\frac{1}{2}$ ou 1, où le nitrate d'ammonium, c'est-à-dire l'élément azote, est porté à la concentration 16, le sucre et l'acidité restant constants et de même valeur que dans 1, le poids du mycélium recueilli sur le quatrième milieu doit être inférieur au poids de plante développé dans le même temps sur les autres milieux, si toutefois la loi se vérifie.

Le Tableau IV résume les résultats obtenus dans ces conditions :

TABLEAU IV.

	Expérience 1.			Expérience 2.		
Concentration	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}+16$Az	16	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}+16$Az	16
Durée en jours.......	3	3	3	4	4	4
Poids du mycélium...	0,466	0,217	0,723	0,646	0,481	0,830

	Expérienc 3.			Expérience 4.		
Concentration	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$ + 16 Az	16	1	1 + 16 Az	16
Durée en jours.......	3	3	3	3	3	3
Poids du mycélium...	0,475	0,316	0,991	0,758	0,386	0,972

Les résultats sont bien d'accord avec les prévisions qui découlent des observations relatives aux cultures de maïs.

Dans les milieux $\frac{1}{2}$ + 16 Az ou 1 + 16 Az, où les rapports des divers éléments sont profondément altérés, si l'on prend l'azote comme unité, les rendements sont très inférieurs à ceux des milieux $\frac{1}{2}$, 1, 16, où ces rapports sont constants.

D'après la loi du minimum, on aurait dû obtenir des résultats tout différents; c'est donc la loi des rapports physiologiques qui règle le rendement des récoltes.

Dans la pratique agricole, les engrais minéraux solubles, employés d'une façon irraisonnée, donnent trop fréquemment des résultats de même ordre.

PHYSIOLOGIE. — *Comparaison de la ponte chez des Canards soumis à quatre régimes alimentaires différents.* Note de M. A. **Magnan**, présentée par M. Edmond Perrier.

Dans une Note précédente [1] nous avons montré les inégalités de croissance qui résultaient de l'adaptation, dès leur éclosion, de quatre lots de Canards aux régimes respectifs suivants :

Carnivore,
Insectivore,
Piscivore,
Végétarien.

Nous allons maintenant étudier la ponte de ces divers animaux. Nous n'avons malheureusement pu observer le phénomène de la ponte chez les Canes insectivores depuis leur naissance, car les femelles de ce groupe sont mortes prématurément. Nous ne parlerons donc que des œufs provenant des trois Canes soumises chacune à un des trois autres régimes.

Les œufs étaient recueillis et pesés aussitôt après la ponte qui avait lieu

---

(1) A. Magnan, *Sur la croissance de Canards soumis à quatre régimes alimentaires différents* (*Comptes rendus*, t. 154, 3 juin 1912, p. 1535).

généralement le matin entre 8h et 10h. Nous inscrivions en même temps pour chaque œuf la date.

Les Piscivores ont pondu les premiers, le 17 décembre 1911 ; ils étaient âgés alors de 7 mois 9 jours. Afin d'arriver à une comparaison plus instructive entre les différents régimes, nous recourrons à la forme graphique. Nous diviserons le temps en tranches de 10 jours que nous prendrons pour abscisses. En ordonnées nous porterons pour chaque groupe le poids des œufs pondus pendant ce laps de temps. Nous dessinerons ainsi trois courbes représentatives de la ponte ou mieux de la quantité de matières albuminoïdes éliminées.

Il ressort de l'examen de ce graphique que les Piscivores ont la ponte la plus précoce et la plus abondante. Leur ponte se répartit nettement en quatre reprises, phénomène qu'on retrouve aussi net chez les Carnivores et qu'on peut encore distinguer quoique plus confusément chez les Végétariens. Ce phénomène paraît indépendant du régime puisqu'on le retrouve chez tous les sujets; il diffère beaucoup de ce qu'on observe chez les Gallinacés où deux pontes nettes sont séparées par un arrêt ou une incubation. La ponte des Végétariens est nettement moins abondante que les deux autres.

Les œufs sont de tailles et de poids assez différents comme le montre le Tableau suivant :

	Poids		
	moyen.	maximum.	minimum.
	gr	g	g
Carnivores........	77,90	92	63,10
Piscivores.........	58,50	65	51,20
Végétariens........	61,50	75,80	48,60

Il nous a semblé intéressant de refaire le graphique ci-dessus en remplaçant sur les ordonnées le poids des œufs par leur nombre. On obtient un graphique assez comparable au précédent et qu'il est inutile de reproduire. Voici d'ailleurs le nombre exact d'œufs pondus par chaque femelle pendant l'année qu'a durée l'expérience.

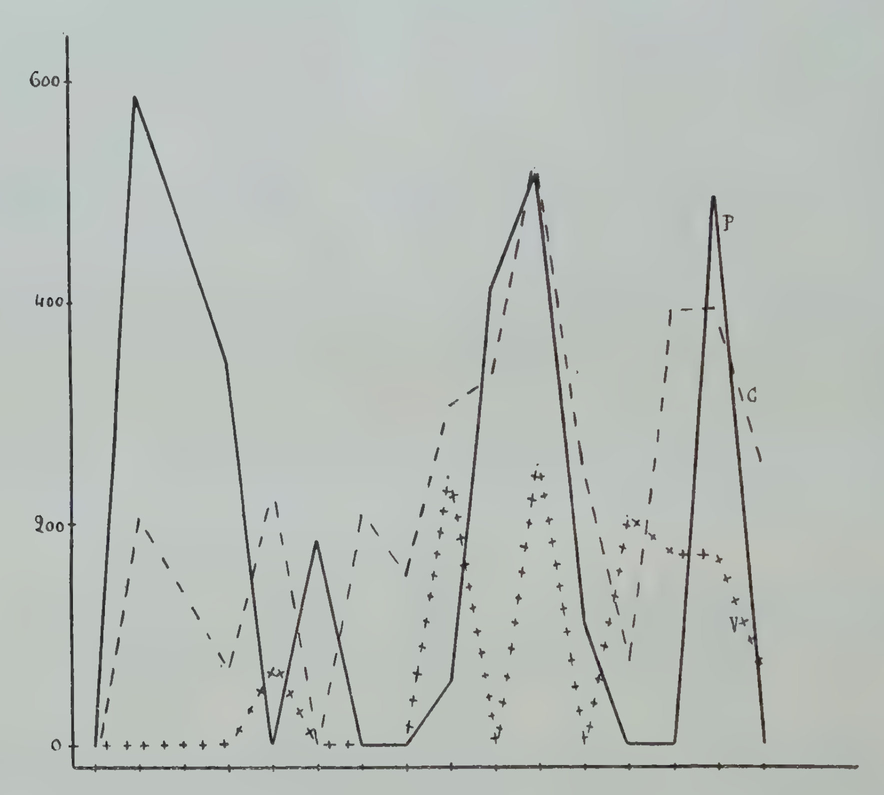
	Nombre d'œufs pondus du 17 décembre au 14 mai.
Piscivores....................	54
Carnivores....................	45
Végétariens....................	19

C'est par la coloration que ces œufs différaient le plus entre eux. Les

Carnivores ont pondu des œufs blancs [teinte n° 178 A du Code (¹) Klincksieck].

Les œufs des Piscivores présentaient une couleur verte (teinte n° 0321 foncée), alors que ceux des Végétariens étaient blanc rosé (teinte n° 28 A diluée).

Si nous considérons l'intérieur de l'œuf, il est à remarquer que le jaune



des Végétariens était très foncé (teinte n° 151-176) alors qu'il était presque décoloré chez les Carnivores (teinte n° 186-191). De plus il semble y avoir un rapport entre la couleur du jaune et celle de la graisse dans ces trois groupes :

	Graisse.	Jaune de l'œuf.
Carnivores...........	blanc nacré	jaune très clair
Piscivores...........	jaunâtre	jaune
Végétariens..........	jaune d'or	jaune d'or

(¹) KLINCKSIECK et VALETTE, *Code des couleurs*, Klincksieck, Paris.

Nous avons pu adapter au régime insectivore une Cane élevée aux végétaux. Nous ne pouvons évidemment comparer strictement sa ponte avec les autres. Nous remarquerons cependant que la coquille était colorée par un pigment brun (teinte n° 168) et que le poids moyen de l'œuf était de 61g, 90.

PHYSIOLOGIE. — *Glycémie et température animale.* Note de M. **H. Bierry** et M[lle] **Lucie Fandard**, présentée par M. A. Dastre.

On sait que chez l'animal normal, quelle que soit l'activité glycogénique, le glucose reste dans le sang en proportion constante; que la *glycémie physiologique*, exprimée par la quantité de *sucre libre* dans le sang artériel, est indépendante des régimes alimentaires, de l'état de repos ou de travail, et qu'enfin une variation de la glycémie indique toujours un trouble grave dans l'équilibre de la nutrition.

Il existe dans le sang, en outre du sucre libre, du *sucre combiné.* Nous avons démontré que ce sucre combiné du sang artériel existe, lui aussi, en quantité fixe pour une espèce animale donnée (1). La *glycémie totale*, c'est-à-dire la somme de ces deux sucres, ou quantité totale du sucre dans le sang artériel, est une constante. Cette constante exprime l'état d'équilibre entre la production et la dépense de l'organisme en sucre. Des mécanismes régulateurs, dont l'ensemble constitue la *fonction glycogénique*, assurent cette fixité en proportionnant la production du sucre à la dépense. Chaque animal homéotherme présente donc une *constante glycémique.*

D'autre part, l'animal supérieur présente également une autre constante physiologique : la *constante thermique* ou *degré de la température centrale* qui, pour chaque espèce, a une valeur invariable. Ici encore des mécanismes régulateurs assurent la fixité de sa température en proportionnant la production de chaleur aux pertes subies par l'organisme.

Quel rapport y a-t-il, chez les diverses espèces de ces animaux supérieurs, entre ces deux paramètres caractéristiques ? C'est la question que nous avons examinée. Il semblait probable, *a priori*, qu'ils devaient varier dans le même sens.

Le sucre du sang, en effet, est consommé dans les organes, comme le montrent toutes les analyses : sa combustion par l'oxygène, particulièrement dans les muscles, est l'une des sources principales de la chaleur

(1) H. Bierry et M[lle] Lucie Fandard, *C. R. Soc. Biologie*, 8 juin 1912.

animale ; sa formation même dans le foie, l'organe le plus chaud du corps, est en rapport avec l'activité thermique de cet organe.

Ces considérations théoriques nous ont engagés à comparer chez les divers animaux ces deux paramètres. Nous avons demandé à l'expérience les éléments de cette comparaison entre le degré thermique et la teneur en sucre du sang.

Nous avons constaté que les oiseaux, qui ont une température relativement élevée, ont aussi beaucoup plus de sucre libre dans le sang artériel que les mammifères dont la température est moins élevée. Comparons à ce point de vue la poule et le chien (déterminations personnelles) :

	Température centrale.	Sucre libre du sang artériel pour 1000.
Poule	42°, 2	2g, 30
Chien	39°, 2	1g, 30

Les animaux hibernants, intermédiaires entre les homéothermes et les poïkilothermes, ou, plus justement, homéothermes pendant une partie de l'année et poïkilothermes pendant l'autre partie, peuvent nous fournir des renseignements très intéressants. Les écarts considérables qui existent entre leur température d'été et leur température d'hiver correspondent à de très grandes variations dans la quantité de sucre libre que renferme leur sang artériel. Voici des chiffres empruntés à M. Raphaël Dubois ([1]) et relatifs à la marmotte:

	Température centrale.	Sucre libre du sang artériel pour 1000.
État de veille	35°, 4	1g, 17
État de sommeil	9°, 2	0g, 09

Enfin on devait s'attendre à trouver dans le sang des poïkilothermes des quantités de sucre très faibles. Les dosages de sucre du sang n'ont pas encore été tentés chez ces animaux, à notre connaissance du moins, probablement à cause des difficultés matérielles que présente cette étude. M. Portier a cependant eu l'occasion de doser le sucre du sang des sélaciens (expériences non publiées); il en a trouvé une quantité très faible : quelques décigrammes pour 1000. L'un de nous, avec M. Giaja ([2]), a déterminé la quantité de sucre existant dans le sang artériel des poulpes; le chiffre

---

([1]) Raphael Dubois, *Physiologie comparée de la marmotte*, p. 93.

([2]) H. Bierry et J. Giaja, *C. R. Soc. Biologie*, 3 avril 1909.

trouvé, $0^g,30$ pour 1000, est bien en rapport avec la température toujours basse de ces animaux marins.

Il semble donc que, dans la série animale, le *niveau glycémique* varie dans le même sens que le *niveau thermométrique*.

ENTOMOLOGIE. — *Organes d'adaptation chez les adultes de certains Lépidoptères Rhopalocères à nymphose hypogée.* Note de M. **F. Le Cerf**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Le nombre des Lépidoptères Rhopalocères dont la chenille s'enfonce en terre pour se chrysalider est des plus restreints et, si l'on excepte certains Lycénides soignés par les Fourmis, se limite pour la faune paléarctique, à l'unique espèce du genre *Hypermnestra* qui présente seule d'une manière constante cette singularité.

La chenille d'*Hypermnestra helios* Nick. pénètre assez profondément dans le sol, où elle tisse un cocon léger dans lequel elle se transforme en une chrysalide obtuse et inerme. Il convient d'insister sur ce dernier point, car il implique une éclosion hypogée de l'adulte et, par conséquent, l'obligation pour celui-ci de traverser, dès sa naissance, une couche de terre plus ou moins épaisse pour atteindre la surface du sol.

Cette particularité biologique, tout à fait exceptionnelle chez les Papillons de jour, a déterminé chez l'adulte de cette espèce la production de caractères adaptatifs variés, et complètement différents de ceux qui résultent chez les Hétérocères de mœurs analogues.

Ces caractères, qui semblent avoir passé jusqu'ici complètement inaperçus, sont de trois sortes :

1° Une saillie prothoracique; 2° deux crêtes mésothoraciques; 3° une pièce tridentée, articulée à la base de l'aile antérieure.

La saillie prothoracique est de forme trapézoïdale, évasée d'arrière en avant, concave antérieurement et terminée de chaque côté par une pointe obtuse aiguë. Elle est plane, lisse à sa partie supérieure sur laquelle se voient les sutures des trois pièces qui la composent, et inclinée d'avant en arrière. Ses côtés, plus minces, se recourbent en dessous à leur partie antérieure, formant les cloisons de trois loges subégales : une médiane et deux latérales. Sa longueur est un peu moindre que celle du prothorax, et sa largeur entre les pointes, plus grande d'un tiers que sa longueur médiane.

Le mésothorax long, assez étroit, élargi postérieurement, offre en dessus, de chaque côté de la suture médiane, deux saillies verticales, s'écartant progressivement d'avant en arrière, et armées de dents inégales, asymétriques, en partie groupées deux à deux,

Les plus antérieures de ces dents sont dirigées vers l'avant, les médianes sont à peu près droites et les suivantes de plus en plus inclinées vers l'arrière. On en compte 17 à 21 de chaque côté, dont 5 à 7 doubles.

L'organe le plus remarquable s'observe à la base des ailes antérieures :

C'est une large pièce chitineuse convexe, composée d'une base arrondie et d'une partie dilatée portant deux longues lames inégales, tranchantes (dont l'antérieure, qui est la plus grande, est falciforme) et une dent triangulaire et large. Une nervure chitineuse, plus ou moins saillante, court sur ces parties et forme un renflement sur la base.

Cet organe, qui rappelle assez bien, par sa forme, la pièce terminale du tarse antérieur de la Courtilière, est mobile dans deux sens : verticalement et latéralement. Au repos, il s'applique contre l'aile et s'appuie, en particulier, sur un épaississement chitineux allongé, entouré par les bases coalescentes des nervures sous-costale et médiane, et dans lequel il faut voir, semble-t-il, le rudiment non résorbé de la nervure indépendante ou transcellulaire.

Homologue de l'épine basale des ailes antérieures de certains Saturnides, ce singulier organe est, comme elle, constitué par une ou plusieurs plaques chitineuses, étroitement soudées, de la membrane articulaire.

Un organe comparable, mais bien moins développé, existe chez un autre Papillon d'un genre voisin : *Doritis apollinus* Herbst., dont la chenille se chrysalide indifféremment en terre, sous les pierres, ou plus simplement sous la mousse.

Placé au même endroit que chez *Hypermnestra helios* Nick., il est formé de deux parties chitineuses inégales, asymétriques, concaves, articulées par un de leurs bords et fixées par l'autre à la membrane articulaire. Les bords de ces parties ne sont pas juxtaposés, sauf au sommet, mais un peu écartés, et entre eux s'insinue une étroite lame de chitine, élargie à chaque extrémité. Cet appareil forme avec la surface de l'aile un angle de 15° environ, et sa mobilité m'a paru restreinte à des mouvements alternatifs d'élévation et d'abaissement des bords antérieurs, mouvements dont l'amplitude est très faible et limitée à l'élasticité propre de la membrane articulaire.

On ne trouve pas trace chez *Doritis apollinus* des organes pro- et mésothoraciques si développés chez *Hypermnestra helios*.

Enfin dans une espèce mexicaine, *Baronia brevicornis* Salv., appartenant, comme celles qui précèdent, à la sous-famille des *Parnassiinæ*, mais connue seulement par un très petit nombre d'exemplaires, et dont la biologie est

complètement ignorée, j'ai constaté la présence, à la base des ailes antérieures, d'une énorme callosité rugueuse, constituée par une dilatation basilaire de la nervure sous-costale.

Il convient certainement de rapprocher cette production des organes homologues, mais bien plus hautement différenciés, des deux espèces étudiées plus haut.

ZOOLOGIE. — *Sur la détermination de l'âge de la Sardine algérienne.* Note de M. **Bounhiol**, présentée par M. Dastre.

Au cours de recherches, déjà fort longues, entreprises sur la biologie de la Sardine algérienne, je me suis trouvé dans la nécessité de déterminer avec précision l'âge des individus observés. Je me suis adressé, dans ce but, aux diverses méthodes déjà utilisées à l'égard d'autres Clupéidés, tels que le Hareng et l'Anchois.

Aucune de ces méthodes ne m'a donné de résultats satisfaisants. L'examen des écailles, notamment, s'est trouvé très fréquemment insuffisant et inefficace. La raison de cet insuccès partiel tient, ainsi que j'ai pu m'en assurer, au peu de rigueur de l'hiver algérien et au trop faible abaissement périodique de la température de l'eau marine superficielle, qui en est la conséquence.

J'ai déjà eu l'occasion de démontrer combien le régime thermique de l'eau superficielle littorale était uniforme en Algérie. Cette uniformité relative tend à substituer au régime d'accroissement de la Sardine, lequel est discontinu dans les pays à variations thermiques saisonnières accentuées, un régime presque continu et régulier, non interrompu par les ralentissements qu'imposent, dans ces pays, l'engourdissement hivernal et la raréfaction de la nourriture.

L'hiver qui vient de s'écouler est, à ce point de vue, particulièrement démonstratif. Les moyennes thermiques mensuelles sont restées très élevées, comme l'indique la comparaison suivante :

Moyennes thermiques mensuelles de l'eau marine superficielle sur le littoral olgérien (0^m *à* 25^m).

	1911.		1912.		
	Novembre.	Décembre.	Janvier.	Février.	Mars.
Années 1911-1912 . . .	19°,9	16°,9	16°,3	16°,8	17°,2
Période 1905-1911	18°,7	16°,6	15°,7	16°,1	16°,3

Pendant le dernier hiver, la température de l'eau superficielle n'est donc pour ainsi dire pas descendue au-dessous de 17°. La Sardine s'est montrée constamment active et pourvue d'abondantes réserves adipeuses dans un milieu normalement excitant et abondamment nutritif.

Ses écailles ne présentent que rarement, et d'une manière peu nette, les sillons marginaux séparatifs des zones antérieures de grand accroissement. Elles ne *marquent* presque pas chez les jeunes. Chez les individus plus âgés, les marques sont incertaines, présentent des lacunes, et ne fournissent que des résultats très vagues, non comparables entre eux, n'indiquant l'âge du sujet qu'avec une approximation insuffisante.

Force m'a été de chercher une autre méthode chronométrique. Me basant sur ce fait bien connu que tous les Vertébrés modifient notablement, au cours de leur croissance, les proportions relatives des diverses parties de leur corps, j'ai recherché systématiquement comment variait le rapport existant entre la longueur totale du corps, L, d'une part, et, par exemple, la longueur de la tête, d'autre part.

Après avoir pris d'abord comme longueur de la tête la distance séparant l'angle antérieur de la mandibule du bord postérieur de l'opercule, sans obtenir de résultats supérieurs à ceux que me donnait la méthode des écailles, je me suis arrêté à l'utilisation exclusive de la distance séparant l'angle antérieur de la mandibule du centre de l'œil, l.

Le rapport $\frac{L}{l}$ s'est affirmé comme possédant des variations étendues, en relation très nette avec l'âge des sujets à partir du moment où ceux-ci ont franchi le stade d'alevins et acquis les caractères généraux de l'espèce. J'ai pu obtenir ainsi une méthode dont les résultats :

1° Sont en complète concordance avec ceux fournis par l'observation des écailles toutes les fois que celle-ci est applicable;

2° Permettent de suppléer à l'absence d'indications inscrites sur les écailles et les otolithes;

3° Paraissent posséder une précision chronométrique beaucoup plus grande, au moins pendant les 5 premières années.

C'est ainsi, pour me borner à quelques exemples, que les valeurs du rapport $\frac{L}{l}$ correspondent aux âges ci-après :

Rapport $\frac{L}{l}$.	Ages.
7,80	7 à 8 mois
7,88	8 à 9 »
8,1	9 à 10 »
8,27	10 à 12 »
8,63	14 à 16 »
8,96	18 à 21 »
9,08	2 ans
9,66	3 »
9,91	4 » et au delà

La taille ne paraît pas en relation constante avec l'âge. C'est ainsi que des individus de même taille peuvent présenter des différences d'âge assez considérables que la détermination du rapport ci-dessus permet de préciser. La précocité de la taille est à peu près exclusivement provoquée par l'abondance de la nourriture et la longue durée de cette abondance.

Il en est de même de la première activité génitale qui peut se manifester à des âges assez différents, suivant les cas. C'est surtout dans l'étude des phénomènes reproducteurs que la détermination précise de l'âge est d'une grande utilité.

HISTOLOGIE. — *Sur l'existence d'un pilier grêle externe de l'organe de Corti.* Note [1] de M. E. VASTICAR, présentée par M. Henneguy.

J'observe que le pilier externe de Corti est double. D'après mon observation, il existe un deuxième pilier, une sorte de pilier grêle, distinct du précédent. Sa structure et ses points d'attache sont différents.

Sur une vue de profil, ce pilier grêle tire son origine supérieure d'un point de la convexité de la tête du pilier externe de Corti correspondant au bec du pilier interne à mortaise. Il apparaît, en cet endroit, sous l'aspect d'une bandelette de substance claire, à peine granuleuse, terminée d'une façon brusque dans l'angle de réunion des extrémités céphaliques des piliers de chaque rangée (*b*, *fig.* 1). Cette bandelette s'applique contre le bord axial de la tête du pilier de Corti et est recouverte, en dedans, par la masse cytoplasmique de la cellule de ce même pilier. A cette bandelette, fait suite, par le bas, un prolongement d'abord cylindro-conique, puis rapidement

---

[1] Présentée dans la séance du 10 juin 1912.

cylindrique, de très faible diamètre, formé de tissu dense absent de granulations (*p, g, e, fig.* 1). Ce prolongement longe le pilier de Corti sur toute sa longueur jusqu'à un endroit où il croise sa partie inférieure. Il se termine par un pied conique ou plus souvent pyramidal dû à un épaississement de sa substance propre et situé sur la lame basilaire, en dedans de l'axe du pilier de Corti (*p, fig.* 1). En son intérieur, se voit un petit cône plus coloré à sommet très effilé.

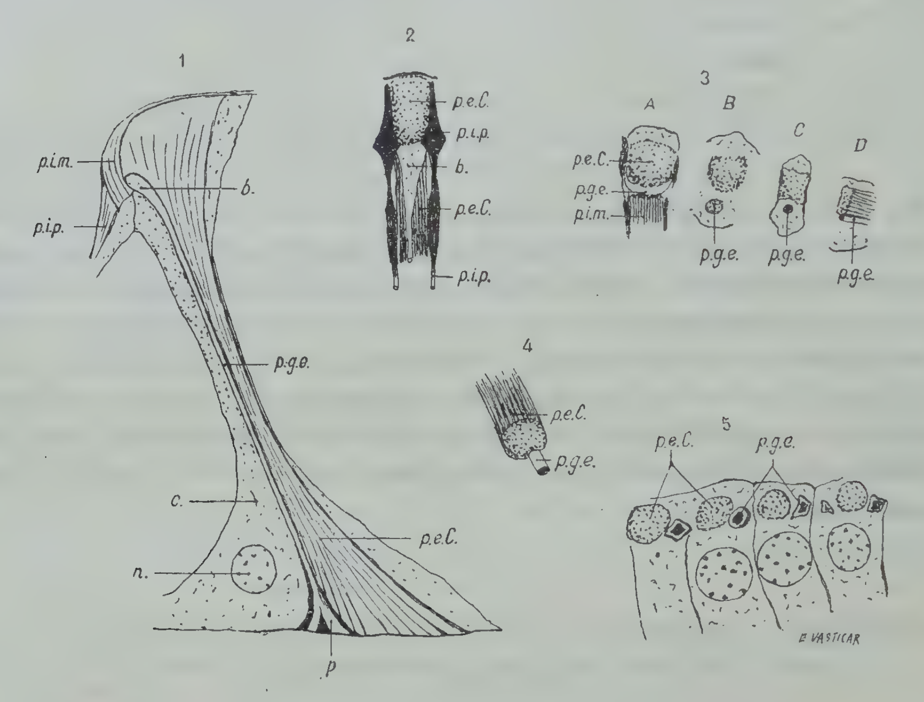


Fig. 1. — Vue de profil du pilier grêle externe.

Fig. 2. — Vue de face, c'est-à-dire de l'axe du limaçon.

Fig. 3. — Coupe transversale des piliers externes à leur partie supérieure.

Fig. 4. — Coupe transversale d'un pilier externe de Corti accompagné de son pilier grêle.

Fig. 5. — Coupe transversale des piliers externes à leur partie inférieure.

Abrév. : *b.*, bandelette du pilier grêle externe; *c.*, cellule du pilier externe de Corti; *n*, noyau de cette cellule; *p.*, pied du pilier externe grêle; *p. e. C.*, pilier externe de Corti; *p. g. e.*, pilier grêle externe; *p. i. m.*, pilier interne à mortaise; *p. i. p.*, pilier interne à palette (pilier interne grêle).

Vue de face, c'est-à-dire de l'axe du limaçon, cette bandelette s'étend en couche mince sur la convexité de la tête du pilier de Corti. Elle adhère, par ses bords, aux surfaces coniques des palettes céphaliques appartenant à deux

piliers internes voisins (*piliers grêles internes*) (*b*, *fig.* 2) (¹). Son prolongement inférieur descend verticalement, se maintenant dans l'axe du pilier de Corti jusqu'au moment où il s'en détache pour lui devenir latéral et se terminer sur la basilaire.

Une coupe transversale montre la section du pilier grêle sur différents points de sa hauteur. A la partie supérieure, la bandelette se voit sous la forme d'un petit croissant de substance claire, embrassant dans sa concavité la partie inférieure de la tête du pilier externe de Corti, chacune des cornes s'insinuant dans l'espace étroit situé latéralement (*p*, *g*, *e*, *fig.* 3, A). Cette substance ne peut être confondue avec le cytoplasme des cellules des piliers qui n'apparaît que dans un plan plus inférieur.

La figure 3, B montre une section du segment cylindro-conique du pilier grêle sous l'aspect d'un gros point arrondi (*p*, *g*, *e*) à bords plus colorés que le centre, qui est faiblement mais régulièrement teinté et parsemé de quelques points plus visibles. Le pilier grêle occupe le milieu du cytoplasme.

Sur la figure 3, C, le pilier grêle est devenu cylindrique. Sa section est représentée par un point plus coloré, plus petit (*p*, *g*, *e*). Le centre en est plus teinté, ce qui semble indiquer l'existence d'un tissu différent qui se colore, du reste, particulièrement. Il est situé très près du bord axial du pilier de Corti légèrement déprimé.

Sur la figure 3, D, le pilier de Corti est divisé plus obliquement. Le pilier grêle (*p*, *g*, *e*) est indiqué par un petit segment cylindrique parallèle au pilier de Corti auquel il est adossé. Son bord libre est figuré par une ligne finement granuleuse, limitant le cytoplasme en dehors. La coloration de sa tranche de section est intense.

La figure 4 montre le pilier grêle (*p*, *g*, *e*) logé dans une dépression longitudinale du bord axial du pilier de Corti.

Sur la figure 5, les piliers externes de Corti (*p*, *e*, C) sont divisés transversalement à une faible distance de la membrane basilaire. La surface de section des piliers grêles (*p*, *g*, *e*) est représentée par de petits champs arrondis, plus souvent polygonaux, placés entre chaque pilier de Corti sur une ligne plus rapprochée de l'axe du limaçon. Leur ligne de contour épaisse est claire intérieurement, mais colorée sur le bord. Leur centre est occupé par une zone vivement teintée, reproduisant la configuration extérieure de l'élément sectionné. Chaque pilier de Corti possède son champ polygonal

(¹) E. Vasticar, *Sur la structure des piliers de Corti* (*Comptes rendus*, t. 153, p. 1023, séance du 20 novembre 1911); *Sur la structure des piliers internes de l'organe de Corti* (*Comptes rendus*, t. 154, p. 135, séance du 15 janvier 1912).

qui n'est autre que la section du pied pyramidal du pilier grêle. Le pilier de Corti, à droite de la figure, en laisse voir deux, plus petits, placés de chaque côté du pilier.

Les piliers grêles externes sont entièrement contenus à l'intérieur du cytoplasme de la cellule du pilier externe de Corti auquel ils appartiennent.

Aperçu dans les conditions les plus favorables, le pilier grêle a, vers sa partie moyenne, l'aspect d'une tige cylindrique bien calibrée, de diamètre trois ou quatre fois inférieur à celui de la partie la plus étroite du pilier de Corti. Sa surface est lisse, brillante, sans granulations. Il demande à être distingué : des lignes longitudinales colorées et à contour indécis qu'on observe dans l'axe du pilier de Corti; des reflets lumineux dus au décollement de la celloïdine d'inclusion, enfin des bordures claires provenant de la rétraction du cytoplasme.

Le procédé de coloration suivant le met en évidence : fixation avec le mélange de Hermann, coloration à l'éosine et à l'hématoxyline de Bœhmer. La celloïdine prend une teinte rouge vineux claire, le cytoplasme et le faisceau filamenteux du pilier de Corti sont de la même teinte, mais plus foncée. La surface du pilier grêle qui n'est pas impressionnée par l'hématoxyline est colorée en rose tendre par l'éosine. Si l'on emploie, d'autre part, la coloration double par la safranine et le vert lumière, après fixation par la liqueur de Flemming, le pied du pilier grêle est coloré en rouge vif et celui du pilier de Corti uniquement en vert.

Il résulte de ces observations que les corps décrits sous le nom de *corps basaux* des piliers externes de Corti ne sont, à mon avis, que les pieds des piliers grêles dont je viens de parler.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *La matière colorante du jaune d'œuf ou ovochromine.* Note de M. **N.-A. Barbieri**, présentée par M. Armand Gautier.

Deux mille jaunes d'œufs sont laissés quelque temps en contact avec le sulfure de carbone pur et neutre. On sépare la solution sulfocarbonée et la masse insoluble dans le CS^2 est traité par un excès d'alcool à 95° C. L'alcool s'empare de l'eau contenue dans les jaunes (eau physiologique), ainsi que des sels et des principes qui se trouvaient dissous dans cette eau. On renouvelle l'alcool jusqu'à ce que le dernier alcool employé demeure incolore. Les solutions alcooliques sont réunies, filtrées et laissées

quelques jours au repos. Il se dépose une couche très faible d'une solution sulfocarbonée qui, séparée par décantation, est ajoutée à la solution sulfocarbonée ci-dessus.

La solution alcoolique (S. A.) décantée est claire et colorée en jaune. De cette solution, on élimine par distillation la totalité du CS^2 entraîné et la moitié de l'alcool. Le restant d'alcool est évaporé au bain-marie et le résidu demi-liquide est traité par le chloroforme. Il se sépare aussitôt trois parties bien distinctes : (A) une couche supérieure aqueuse; (B) une partie intermédiaire solide et blanche; (C) une couche inférieure chloroformique. Le chloroforme de la couche (C) est évaporé; le résidu complètement dissous dans le CS^2 est additionné à la solution sulfocarbonée. On sépare les différents principes qui sont contenus dans cette solution à l'aide de la méthode que j'ai déjà indiquée [1].

La partie (B) est formée d'une albumine coagulée par l'alcool ou paravitelline. L'analyse élémentaire a donné :

$$C = 54,54; \quad H = 7,52; \quad N = 12,75; \quad S = 0,72; \quad O = 24,47; \quad Ph = 00.$$

Si à une partie de la solution alcoolique (S. A.) on ajoute un grand excès d'alcool absolu on obtient un précipité abondant de paravitelline qui, séparée de suite par centrifugation, se dissout complètement dans l'eau distillée d'où elle précipite par addition d'un excès de sulfate d'ammoniaque cristallisé ou de sulfate de magnésie en poudre.

La couche aqueuse A qui contient seulement de la matière colorante et du chlorure de sodium est divisée en deux parties égales (α) et (β), sur chacune desquelles on peut séparer l'ovochromine par l'une des deux méthodes suivantes (*a*) et (*b*).

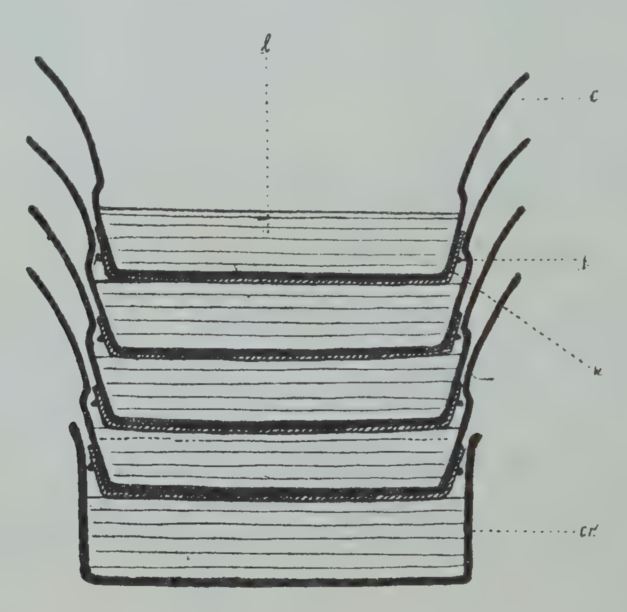
(*a*) *Méthode de séparation par l'acétone.* — La partie (α) est additionnée d'acétone jusqu'à ce qu'il ne se produise plus de précipité. La solution acétonique est filtrée, l'acétone est distillée et le résidu complètement dissous dans la moindre quantité d'eau distillée est encore une fois traité par un excès d'acétone. On sépare par décan-

---

[1] Barbieri, *Sur la non-existence des lécithines libres ou combinées dans le jaune d'œuf* (*Comptes rendus*, 8 juillet 1907 et 1er août 1910); *La composition chimique du jaune d'œuf* (*Siebenter internationaler Physiologen-Kongress*, Heidelberg, 1907); *The chemical composition of Yolks of Eggs : the non existence of Lecithin*, Section IV, A, 1, p. 61 (*Seventh international Congress of applied Chemistry*, London, 1909); *Sur la non-existence des lécithines libres ou combinées dans le jaune d'œuf; Sur le prétendu phosphore organique* (VIII. *internationaler Physiologen-Kongress*, Wien, 1910).

tation le nouveau précipité qui se forme; on distille l'acétone et l'on reprend le résidu par la plus faible quantité d'eau distillée. On répète cette opération jusqu'à ce que le dernier résidu de la distillation de l'acétone, repris par l'eau, ne donne plus la réaction de chlorures. Le dernier résidu de la distillation de l'acétone complètement dissous dans un peu d'eau, abandonné soit au vide, soit à l'étuve à 37° laisse une poudre jaune brune : *l'ovochromine*. Les précipités acétoniques qui sont formés de NaCl et d'ovochromine peuvent être ou additionnés à la partie (β), ou bien soumis à la méthode de la polydialyse (*b*).

(*b*) *Méthode de séparation par polydialyse.* — Dans le premier des dialyseurs superposés (voir la figure), on place la matière en solution, et dans les autres de l'eau



Section frontale du polydialyseur.

l, matière soumise à la polydialyse; *c*, premier dialyseur; *cr*, cristallisoir; *f*, ficelle; *k*, membrane parchemin.

distillée. On renouvelle les eaux des dialyseurs (sauf le premier) jusqu'à ce que la partie (β) qui est placée dans le dialyseur supérieur, ne donne plus la réaction des chlorures. Cette partie (β) est alors abandonnée au vide ou à l'étuve à 37°. On obtient une poudre jaune identique à l'ovochromine ci-dessus, séparée comme il a été dit par l'acétone.

L'ovochromine est une poudre jaune, vaguement cristalline, inodore, de saveur fade. Elle est très hygroscopique; elle est soluble dans son poids d'eau, mais insoluble dans l'alcool, l'éther, le chloroforme, l'acétone, etc. 1^{cg} d'ovochromine colore en jaune 100^{cm^3} d'eau. Les solutions d'ovochro-

mine colorent en jaune le papier des filtres et le papier parchemin. L'ovochromine ne possède pas une bande spéciale d'absorption. Vers 270° elle carbonise sans fondre.

Cette substance est légèrement acide, elle ne donne pas la réaction du biuret; elle n'a aucun des caractères des albumines ou des peptones. L'eau oxygénée décolore l'ovochromine. Les alcalis et les acides concentrés ne semblent pas l'attaquer à froid. La solution aqueuse d'ovochromine n'est pas précipitée par le bichlorure de platine, mais on obtient dans ce mélange un précipité par addition d'alcool.

L'ovochromine a la composition suivante :

C = 42,60; H = 6,70; N = 8,08; S = 1,60; Ph = 00; O = 40,785; Fe = 0,235.

Absence de sulfates et de phosphates : traces de cendres et peut-être d'alumine.

Ce principe est soluble dans les corps gras. Pour séparer la totalité de l'ovochromine des corps gras du jaune d'œuf, il faut employer l'alcool méthylique et les solutions faibles d'acides comme il sera indiqué prochainement.

Cette substance n'est pas toxique. Je n'ai pas observé le moindre trouble chez un oiseau (Padas), chez le pigeon et chez le cobaye auxquels j'ai injecté 1^{cg} à 2^{cg} d'ovochromine.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur l'ambréine.* Note de M. J. **Riban**, présentée par M. Armand Gautier.

En 1820, Pelletier et Caventou ont extrait par l'alcool, d'une matière excrémentielle, l'ambre gris, employé en parfumerie, une substance à laquelle ils ont donné le nom d'*ambréine*, et qu'ils ont rapprochée de la cholestérine, sans justifications suffisantes. Mais ce n'est qu'en 1832 que Pelletier a pu donner une seule analyse de cette substance, probablement impure, à en juger par un point de fusion trop bas : 36°. Calculée avec le poids atomique actuel du carbone, cette analyse conduirait à C : 81,74 pour 100; H : 13,32; O : 4,94 pour 100.

Depuis cette époque lointaine, aucun travail n'a paru sur cette substance, sans doute en raison des difficultés de l'obtenir en quantité suffisante d'une matière première rare, dont le prix, toujours très élevé, atteint aujourd'hui 5000 fr le kilogramme, et dans laquelle l'ambréine peut n'exister qu'en proportions très variables, ou même être absente, ainsi que je l'ai constaté sur un bel échantillon, cependant riche en becs de céphalopodes,

témoins de son origine. L'ambre gris, en effet, se présente en masses fort hétérogènes étudiées, à une époque relativement récente, par G. Pouchet et Beauregard, qui les ont considérées comme provenant de l'intestin du cachalot et constituées par des calculs d'ambréine mêlés à une grande quantité de pigments noirs et à quelques matières étrangères, tels que becs de céphalopodes, etc.

Une circonstance fortuite m'a mis en possession de quelques grammes de cette substance rare, l'ambréine qui s'était déposée progressivement, durant des années, sur les parois d'un flacon servant de réserve aux teintures alcooliques d'ambre destinées à la parfumerie. La provenance et l'origine en étaient sûres. J'ai purifié cette matière, déjà très blanche, par des cristallisations dans l'alcool à 82°-86° centésimaux bouillant. Peu soluble dans l'alcool froid ainsi dilué, l'ambréine se dépose, le plus souvent, au fond des vases sous forme de masse huileuse surfondue, qui ne tardera pas à se concréter, tandis que l'eau mère surnageante, souvent en sursaturation, se prendra en une masse de sphérolithes formés de fines aiguilles soyeuses rappelant l'asbeste, et rayonnant d'un centre. La matière cristallisée occupe alors dans l'alcool un volume considérable relativement à son poids et retient beaucoup d'eau mère. La purification de cette substance est assez difficile, en raison de cette circonstance et de la présence de produits huileux, peu ou point saponifiables.

L'ambréine pure, bien sèche et chaude, s'électrise par le frottement avec une telle intensité, que, au sortir non fondue, d'une étuve, en s'écoulant du support qui la contient, elle peut s'éparpiller tout autour du flacon destiné à la recevoir. Le même phénomène se produit par le broyage dans la porcelaine. Cette matière, cependant bien cristallisée, grince sous le doigt à la façon des corps résineux.

L'ambréine est dénuée de pouvoir rotatoire en solution alcoolique; elle fond à 82° et peut rester souvent très longtemps en surfusion sous forme d'une masse molle, qu'une amorce ne ramène que lentement à l'état cristallin. L'ambréine ne peut être volatilisée à la pression ordinaire sans altération, chauffée dans le vide à 100°, elle ne donne que des traces de volatilisation et il faut la porter, dans ces mêmes conditions, vers la température de 180° pour la voir émettre des produits volatils, sous forme de stries huileuses. Après refroidissement, le vide s'est maintenu dans le tube, mais la masse, demeurée incolore, reste molle, visqueuse et désormais incristallisable dans ses dissolvants usuels. Il semble, toutes les fois que cette matière est soumise à température élevée sans perte notable de poids, qu'il se produise une transformation isomérique.

L'ambréine, corps neutre, insoluble dans l'eau, a de nombreux dissolvants : pétrole,

benzine, chloroforme, tétrachlorure et sulfure de carbone, qui se prêtent mal à sa cristallisation et la laissent le plus souvent, sous forme molle et poisseuse restant telle presque, indéfiniment, mais l'alcool et l'éther l'abandonnent facilement cristallisée.

Les analyses de cette substance précieuse, que j'ai faites à divers degrés de purification, m'ont donné les résultats suivants concordants, qui conduiraient à la formule brute $C^{23}H^{40}O$ ou à un multiple :

	Trouvé.				Calculé.
C........	82,90	82,70	82,96	82,74	83,05
H........	12,42	12,43	12,40	12,03	12,13
O........	4,68	4,87	4,64	5,23	4,82

Les essais cryoscopiques que j'ai exécutés, dans des conditions défavorables en solution benzénique, pour fixer le poids moléculaire, n'ont pas donné de résultats satisfaisants, peut-être en raison du trouble que les agrégats moléculaires formés par la benzine apportent parfois à ces sortes de déterminations, et j'ai dû faire, avec très peu de matière, quelques tentatives par voie de substitution et autres, pour essayer de justifier la formule brute résultant de mes analyses.

Si dans une solution d'ambréine dans le tétrachlorure de carbone on verse, peu à peu, ce solvant, additionné de 10 pour 100 de brome, il se dégage, à froid, des fumées d'acide bromhydrique ; après additions jusqu'à coloration rouge persistante, on lave avec des solutions faibles de bicarbonate de soude, puis de carbonate, etc. ; le liquide est abandonné à l'évaporation spontanée, ensuite à l'étuve à 70°. On obtient ainsi un résidu transparent visqueux à chaud, dur et cassant à froid, non cristallisé, s'enlevant en écailles à la façon des matières résineuses. A l'analyse, il paraît répondre à un composé octobromé, car il a donné *brome* : 66,62 pour 100 ; la théorie exigerait pour $C^{23}H^{32}Br^{8}O$: 66,36 pour 100. Dans des conditions analogues, le chlore en solution dans le tétrachlorure conduit à une décomposition de la matière.

Le pentachlorure de phosphore ne réagit pas sensiblement à froid sur l'ambréine, mais il l'attaque à chaud, au bain-marie, avec dégagement d'acide chlorhydrique. Le résidu de cette action est traité, avec ménagement, par l'eau, pour détruire l'excès de perchlorure. On obtient ainsi une masse amorphe, dure et cassante, qui, broyée sous l'eau et abandonnée longtemps à son contact, jusqu'à cessation de précipité par le nitrate d'argent, laisse une poudre blanc jaunâtre, ayant conservé de l'oxygène et contenant, sans autre purification possible, C : 54,46 pour 100 ; H : 7,34 ;

Cl : 35,00; O : 3,20. Un produit de substitution pentachloré $C^{23}H^{35}Cl^5O$ exigerait C : 54,71 pour 100; H : 6,99; Cl : 35,13; O : 3,17 pour 100.

Quelques tentatives dans d'autres directions, action des anhydrides acétique et phosphorique, etc., ont épuisé les 5^g à 6^g d'ambréine purifiée dont je disposais pour mes recherches.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Spectrographie du sang de l'Arénicole.* Note de Mlle **E. Peyréga**, présentée par M. Delage.

Le sang de l'Arénicole (*A. piscatorum*) renferme un pigment rouge que l'on considère généralement comme étant de l'oxyhémoglobine. Cette détermination n'est guère fondée jusqu'ici, comme pour beaucoup d'autres pigments rouges d'Invertébrés, que sur la présence dans le spectre du pigment des deux bandes jaunes-vertes classiques (Krukenberg, Vélichi, Gautrelet, etc.) et sur la formation des cristaux de Teichmann (Ewald). Or ces deux caractéristiques demandent à être complétées, l'une et l'autre ne nous donnant de notions que sur des parties de la molécule pigmentaire (les cristaux de Teichmann peuvent être obtenus (Griffith) avec la *chlorocruorine*, pigment vert des Annélides) (¹). Nous avons tenté pour préciser nos connaissances sur ce point, une comparaison spectrographique, aussi étendue que possible (de $700^{\mu\mu}$ à $210^{\mu\mu}$) entre le sang de l'Arénicole et celui d'un mammifère bien connu pris comme étalon (Cheval). Les deux sangs ont été examinés dans les conditions les plus comparables; la position des axes des bandes a été déterminée par variation de concentration ou par variation d'épaisseur. Étant donnée la petite quantité de sang d'Arénicole (200 Arénicoles ont fourni 5^{cm^3}), l'extraction du pigment lui-même a été impossible et nous avons dû opérer avec le produit total sortant des vaisseaux :

1° *Prises de sang de l'Arénicole.* — Un certain nombre de précautions sont à prendre pour éviter l'introduction dans les solutions d'un pigment vert secrété en abondance par l'animal. Les Arénicoles, lavés à l'eau douce puis séchés au papier filtre pour les débarrasser du pigment vert, sont

(¹) Sur le Lombric, l'analyse chimique élémentaire (dosage brut) du pigment a pu être faite, mais là encore les résultats numériques sont de même ordre de grandeur que ceux obtenus avec la chlorocruorine (Griffith). Sur le Lombric également, Lewin, Miethe et Stenger auraient étudié la bande de Soret (*Comptes rendus*, 1906).

ouverts sur le dos pour dégager les cœurs et le vaisseau dorsal; ces viscères mis à nu sont alors lavés de nouveau sous courant d'eau douce, pour éliminer les liquides cavitaires, et essuyés au papier filtre. Le sang est pris dans les cœurs et le vaisseau dorsal au moyen d'une fine pipette en biseau.

2° *Sang à hémoglobine.* — Observé a épaisseur constante et concentration variable.

	Bandes......	α.	β.	γ (bande de Soret).	γ'.	δ.	Début de ε.
Axes moyens (± $2^{\mu\mu}$).	Cheval.....	577	538	410	333	277	2(50)
	Arénicole...	578	539	411	334	274	2(50)

Nous n'avons pas pu obtenir de cristaux d'oxyhémoglobine d'Arénicole dans des conditions où celle de Cheval cristallisait sans difficulté.

3° *Hémoglobine réduite.* — Les réducteurs usuels (sulfhydrate d'ammoniaque, hydrosulfite de soude) suffisants pour l'étude du spectre visible, sont insuffisants pour l'ultraviolet, du fait qu'elles en absorbent une grande partie à faible concentration (sulfhydrate d'ammoniaque : depuis $300^{\mu\mu}$ au $\frac{1}{300}$; hydrosulfite de soude depuis $365^{\mu\mu}$ au $\frac{1}{350}$); pour cette région du spectre, nous avons utilisé la réduction anaérobie d'une solution de sang enfermée dans une cuve de quartz en biseau.

		Bande de Stokes.	γ (bande de Soret).	γ'.	δ.	Début de ε.
Axes moyens (± $3^{\mu\mu}$).	Cheval...	550	418	334	275	2(45)
	Arénicole..	555	420	334	273	2(45)

4° *Hémochromogène.* — Obtenu par réduction à l'hydrosulfite de soude, puis action de la potasse concentrée. Le spectre visible seul a pu être étudié, étant donné le réducteur.

		I.	II.	Bande de Soret.
Axes moyens (± $2^{\mu\mu}$).	Cheval......	557	523	425
	Arénicole...	558	525	424

5° *Hémine : α. Cristaux.* — Nous avons vérifié sur les cristaux de Teichmann (procédé Nencki et Zaleski) l'analogie entre les résultats du sang de cheval et ceux du sang de l'Arénicole, tant au point de vue de la forme des cristaux que de celle des macles.

β. *Spectres.* — Dans l'impossibilité de recueillir assez de cristaux d'hémine d'Arénicole pour faire une solution pure, nous avons dû opérer avec la solution mère acétique (procédé Nencki et Zaleski) légèrement diluée après la filtration à chaud.

		I.	II.	III.	IV (γ bande de Soret).	V(γ').	Début de δ?.
Axes moyens ($\pm 2^{\mu\mu}$).	Cheval....	648	588	525	400	334	3(00)
	Arénicole.	(antér. à 630)	591	523	400	33(7)	3(00)

Les différences des axes spectrographiques entre le sang de l'Arénicole et celui du cheval sont donc minimes, et de l'ordre de grandeur de nos erreurs expérimentales; pour le moment aucune différence nette entre les deux pigments n'est perceptible dans la limite d'approximation des techniques que nous avons employées.

CHIMIE PHYSIQUE-BIOLOGIQUE. — *Excitabilité des organismes par les rayons ultraviolets. Lois du seuil, du minimum d'énergie, de l'addition des excitations et de l'induction physiologique.* Note de Mme et M. **Victor Henri**, présentée par M. Dastre.

Un grand nombre de biologistes (Lubbock, Forel, Graber, Hertel, Loeb, Hess, etc.) ont observé, dans ces 30 dernières années, que certains animaux invertébrés (Insectes, Crustacés, Vers, Mollusques) fuient les endroits éclairés par les rayons ultraviolets, ils présentent un *phototactisme négatif* pour ces radiations et sont donc sensibles à ces rayons que notre œil n'est pas capable de percevoir.

Il était important de chercher si l'on ne pouvait pas observer, d'une façon plus précise, cette réaction des organismes aux rayons ultraviolets et étudier les lois d'excitation par cet excitant physiologique nouveau.

Nous avons trouvé que toute une série d'animaux de petite taille (Daphnies, Ostracodes, Cyclops, Planaires, etc.) réagissent d'une façon extrêmement nette et constante, lorsqu'on les illumine par des rayons ultraviolets. L'étude est particulièrement commode pour les Cyclops. On peut rendre ces animaux absolument immobiles, dans l'obscurité, par une irradiation préliminaire de 2 à 5 minutes; on a alors des animaux qui peuvent servir, pendant plusieurs heures, à des expériences d'excitabilité par les rayons ultraviolets; abandonnés ensuite, ces animaux redeviennent absolument normaux.

1° *Existence d'un seuil d'excitation.* — Lorsqu'on irradie un animal par des rayons ultraviolets, pendant des durées croissantes, on trouve qu'il ne réagit que si la durée d'irradiation dépasse une certaine limite. Cette durée

limite se retrouve pour un même animal et un éclairage déterminé avec une constance tout à fait remarquable, pareille à celle qu'on trouve pour l'excitation électrique des muscles et des nerfs.

Voici, par exemple, trois séries de déterminations du seuil faites pour des animaux différents avec des éclairages différents dans des expériences sur l'influence des écrans, dans lesquelles, de temps en temps, on irradiait avec les rayons ultraviolets pour voir si l'animal n'avait pas changé pendant ces diverses expériences.

1e série..	2″	2″	2″	2″	2″	2″	1″,75	2″	seuil = 2″
2e série..	1,5	1,5	1	1,5	1	2	1,5	1,5	seuil = 1,5
3e série..	8	9	9	9,5	8	8	10	9	seuil = 9

2° *La durée d'irradiation doit être d'autant plus brève que la proportion de rayons ultraviolets est plus forte.* — Ce résultat s'obtient en interposant, entre la lampe à mercure en quartz et l'animal, des écrans différents qui interceptent, soit une quantité plus ou moins grande de rayons ultraviolets, soit au contraire les rayons visibles. Nous avons étudié quantitativement la transparence de ces écrans aux rayons de différentes longueurs d'onde.

Écrans.	Régions du spectre transmises.	Durées du seuil d'excitation.
Quartz..................	6400-2225 U. Å	2″,25
Viscose $0^{mm},06$...........	6400 à 3000 bien ; 3000 à 2225 affaiblies	3
Acétate de cellulose $0^{mm},05$	6400 à 2900 bien ; 2900 à 2724 affaiblies	4
Verre uviol violet 3^{mm}....	4400 à 3126 bien ; 3126 à 2981 affaiblies	4,5
Verre blanc $0^{mm},9$........	6400 à 3300 bien ; 3300 à 3126 affaiblies	8
Écran Wood.............	4150 à 4000 affaiblies ; 4000 à 3400 assez bien ; 3400 à 3100 affaiblies	20
Ag colloïdal 10^{mm}........	6400 à 4800 très affaiblies ; 4800 à 3700 rien ; 3700 à 3400 affaiblies ; 3400 à 3100 bien ; 3100 à 2225 très affaiblies	25
Verre euphos $0^{mm},75$......	6400 à 4000 bien ; 4000 à 3100 très affaiblies	> 200

3° *Pour provoquer une réaction, l'intensité du rayonnement ultraviolet doit être supérieure à une certaine limite.* — Il existe donc un minimum absolu de l'intensité au-dessous duquel l'animal ne réagit pas, même si l'on prolonge la durée d'irradiation pendant plusieurs minutes (jusqu'à 9 minutes et probablement au delà).

4° *Pour des intensités de rayonnement plus fortes, la durée du seuil* diminue lorsque l'intensité augmente. Ainsi par exemple :

Pour les intensités	5	11	25	100
La durée du seuil est	5″	1″	0″,5	0″,17

5° *Lorsque l'intensité des rayons ultraviolets augmente, l'énergie du rayonnement nécessaire pour provoquer une excitation passe dans un minimum. C'est la loi du minimum d'énergie.*

Pour les intensités	5	11	25	100
L'énergie du seuil est....	25	11	12,5	17

6° Loi de l'induction physiologique. — *Une excitation de durée inférieure au seuil détermine un effet qui continue encore à augmenter pendant un certain temps après la fin de l'excitation; cet effet disparaît ensuite graduellement.*

Cette conclusion générale résulte des expériences sur l'excitation par des irradiations intermittentes, dans lesquelles on faisait varier, et la durée α des excitations isolées, et la durée ρ des intervalles. Le seuil est déterminé, dans ces cas, par la somme des durées des illuminations successives $\Sigma\alpha$ qui sont nécessaires pour provoquer la réaction; nous désignons ce seuil intermittent par $\Sigma\alpha$ et le seuil correspondant à l'irradiation continue par S.

Lorsqu'on augmente de plus en plus les intervalles entre les excitations, on trouve les cinq cas suivants :

a. Excitations très rapprochées : (par exemple, $\alpha = 0'',02$, $\rho = 0'',02$) : $\Sigma\alpha = S$, il y a *addition totale directe*.

b. Excitations plus espacées (intervalle de 0″,05 à 0″,1) : $\Sigma\alpha < S$, il y a un phénomène d'*addition renforcée ou induction*.

c. Excitations plus espacées encore (intervalle = 0″,1 à 0″,5) : $\Sigma\alpha = S$, il y a de nouveau *addition totale*, que nous désignons *indirecte*.

d. Excitations plus espacées (de 0″,5 à 1″) : on a $\Sigma\alpha > S$, il y a un phénomène d'*addition partielle*.

e. Excitations encore plus espacées (de 1″ à 5″) : $\Sigma\alpha = \infty$, on n'obtient plus de réaction, les excitations ne sont pourtant pas complètement effacées, ainsi qu'on peut le montrer par des expériences sur la fatigue, nous appelons donc ce cas par le terme d'*addition inefficace*.

Conclusions. — *Il existe une excitabilité physiologique par les rayons ultraviolets; on trouve, pour cette excitabilité, la loi du minimum d'intensité*

lumineuse; la loi du minimum d'énergie; la loi d'addition des excitations, présentant plusieurs modalités, en particulier un phénomène physiologique nouveau de renforcement que nous désignons par le terme d'induction physiologique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *De l'action synthétisante et de l'action hydrolysante de l'émulsine en milieu alcoolique.* Note de MM. **Em. Bourquelot** et **M. Bridel**, présentée par M. Jungfleisch.

A la suite de plusieurs séries de recherches concernant l'action de l'émulsine sur la gentiopicrine et la salicine en milieu alcoolique ([1]), nous avons été amenés à examiner dans ce même milieu, que nos expériences semblaient révéler comme favorable, la question de la réversibilité de cette action.

Nous avons donc essayé de reproduire de la salicine en soumettant, dans l'alcool, les composants de ce glucoside : glucose et saligénine, à l'action de l'émulsine ([2]). Contrairement à notre attente, il ne s'est pas fait de salicine; mais, par contre, résultat qui, à notre avis, n'infirme pas l'hypothèse de la réversibilité des actions fermentaires, nous avons obtenu un produit glucosidique ne renfermant pas de saligénine dans sa composition, qui nous a paru être l'éthylglucoside β, soit une combinaison de glucose et d'alcool.

Dans ces conditions, il était permis de penser que la réaction synthétisante constatée se produirait également bien en l'absence de saligénine, c'est-à-dire dans une simple solution alcoolique de glucose. C'est ce dont nous avons voulu nous assurer tout d'abord, avant de procéder aux nombreuses recherches que suggère notre observation.

Nous avons, d'ailleurs, apporté au mode opératoire primitif une modification importante ([3]). On a vu que le ferment est à l'état de poudre insoluble dans le liquide alcoolique; nous en avons conclu qu'une agitation continuelle des mélanges, renouvelant sans cesse les contacts, accélérerait la

---

([1]) *Action de l'émulsine sur la gentiopicrine en milieu alcoolique* (*Journal de Pharm. et de Chim.*, 7e série, t. IV, novembre 1911, p. 385). — *Action de l'émulsine sur la salicine en milieu alcoolique* (*Comptes rendus*, séance du 9 avril 1912, p. 944).

([2]) *Sur une action synthétisante de l'émulsine* (*Comptes rendus*, séance du 20 mai 1912, p. 1375).

([3]) Cette modification n'a pas été appliquée à la première des expériences rapportées ici.

réaction. Et, de fait, en disposant les flacons sur une machine à agiter, actionnée par un courant d'eau, la durée des expériences, pour une température donnée, peut être réduite de plus de moitié.

Notre expérience a porté sur 2g,50 de glucose pur, anhydre, en solution dans l'alcool à 85c (en tout 250cm³). On a ajouté 0g,50 d'émulsine et abandonné à la température du laboratoire (17° à 20°). Rotation initiale pour $l=2$: $+60'$.

Comme dans l'expérience décrite antérieurement, la rotation a diminué, puis passé à gauche. Lorsqu'elle a eu atteint $-19'$, ce qui a demandé 20 jours (du 28 avril au 18 mai), la réaction s'est arrêtée. Elle correspondait, dans l'hypothèse de la formation d'éthylglucoside, à une synthèse s'élevant à 77,8 pour 100 de la synthèse totale, soit à 2g,20 de produit. Celui-ci a été séparé et purifié. Il pesait près de 2g et présentait les propriétés du produit obtenu en présence de saligénine, possédant un pouvoir rotatoire égal à $-31°,4$ ($p=0,5720$; $v=15$; $l=2$; $a=-2°24'$; $t=+18°$).

Dans une autre expérience portant sur 20g de glucose, et qui n'a duré que 10 jours, du 17 au 27 mai (le mélange a été agité à la machine), la synthèse s'est élevée à 72,3 pour 100.

Ainsi, que l'action de l'émulsine s'exerce en présence de saligénine ou en l'absence de ce composé, le produit obtenu est le même et il rappelle par ses propriétés l'éthylglucoside β. Voici une dernière expérience qui nous paraît l'identifier avec ce glucoside.

On sait que le *méthyl*-glucoside β est transformé en son stéréoisomère α, qui est dextrogyre, au contact de HCl en solution dans l'alcool méthylique (¹).

Une même isomérisation était à supposer pour l'éthylglucoside β. Or, cette isomérisation s'est effectuée, et de la même façon, sur nos produits. Avec le produit préparé en présence de saligénine, une solution dans l'alcool éthylique chlorhydrique accusant $-1°46'$ après sa préparation ($l=2$), accusait, en dernier lieu, $+6°36'$. Avec une solution de l'autre produit, la rotation a passé de $-2°16'$ à $+8°16'$.

Ces faits devaient ramener notre attention sur l'action hydrolysante de l'émulsine en milieu alcoolique, car ils établissaient que l'alcool, comme nous l'avions fait pressentir, intervient pour son compte en modifiant cette action.

Dans la réaction hydrolysante en milieu alcoolique, en effet, le glucose mis en liberté fait qu'on se trouve dans les conditions des expériences de synthèse que nous venons d'exposer, de sorte qu'il doit se faire de l'éthyl-

(¹) Alberda van Ekenstein, *Rec. des Trav. chim. des Pays-Bas*, t. XIII, 1894, p. 183.

glucoside β et que les changements de rotation ne suffisent pas pour mesurer la réaction. Il est d'ailleurs facile de s'assurer qu'il en est ainsi :

S'il y avait hydrolyse normale dans l'alcool, l'indice de réduction enzymolytique (nombre de milligrammes de sucre réducteur formé dans 100^{cm^3} pour un changement optique de 1° ; $l=2$) de la salicine serait de 380 pour l'alcool à 85^c et de 365 pour l'alcool à 40^c. Mais s'il se fait de l'éthylglucoside, une partie du glucose formé entrant dans une combinaison non réductrice, et de plus lévogyre, cet indice devra baisser doublement. Or nous avons suivi, jusqu'à l'arrêt, l'action de l'émulsine exercée : 1° dans l'alcool à 85^c, 2° dans l'alcool à 40^c, sur la salicine, ce qui a demandé 34 jours et 21 jours, et l'indice a été trouvé égal à 242 dans le premier cas et à 317 dans le deuxième ; ce qui confirme notre manière de voir et montre en même temps, comme on pouvait le présumer, que, dans une synthèse avec l'émulsine, on obtiendra moins de glucoside dans l'alcool à 40^c que dans l'alcool à 85^c (1).

En résumé : 1° l'émulsine détermine directement la combinaison du glucose et de l'alcool, en donnant naissance au seul composé qu'elle hydrolyse en milieu aqueux, l'éthylglucoside β, alors que, par voie chimique ordinaire, on obtient ordinairement les deux stéréoisomères α et β.

Cette action synthétisante peut s'exercer sur d'autres alcools. Nous l'avons constatée jusqu'ici pour les alcools méthylique (glucoside obtenu ainsi à l'état cristallisé), propyliques et isobutylique.

2° Lorsqu'on fait agir l'émulsine sur un glucoside en milieu alcoolique, il y a d'abord hydrolyse de ce glucoside, puis le glucose formé se combine avec l'alcool pour donner un glucoside de l'alcool.

GÉOLOGIE COMPARÉE. — *Sur deux météorites françaises récemment parvenues au Muséum et dont la chute avait passé inaperçue.* Note de M. **Stanislas Meunier.**

La collection des météorites du Muséum vient de s'enrichir de deux chutes remarquables tout d'abord en ce qu'ayant eu lieu en France à une époque déjà reculée, et toutes deux en Bretagne, elles sont restées complètement ignorées des spécialistes jusqu'à ce jour.

I. L'une de ces météorites est tombée le 30 juin 1903, il y a déjà neuf années, à la ferme de Kermichel, commune de Limerzel, canton de Roche-

(1) C'est pour cette raison et pour d'autres, sur lesquelles nous reviendrons ailleurs, que nous avons choisi, dans nos essais de synthèse, l'alcool à 85^c.

fort-en-Terre (Morbihan). C'est à M. le marquis de Mauroy, correspondant du Muséum, que nous en devons un échantillon détaché d'une masse de 2^{kg},920 qui a été trouvée fortuitement, le 10 avril 1911, par un homme qui labourait un champ et dont la charrue la heurta. La forme du bloc n'a plus d'intérêt car elle a été fortement altérée par le long séjour dans la terre; mais il en est tout autrement de la composition qui se rapproche de celle de bien des météorites. La roche fortement ocracée est traversée de joints selon lesquels se font les fractures sous le coup de marteau. Pour voir la roche, il faut y pratiquer une section plane et la polir. On voit alors sur un fond noirâtre se détacher d'innombrables granules à éclat métallique. Ces globules, mouillés d'une goutte de chlorure d'or en solution aqueuse, précipitent le métal précieux instantanément, comme font les granules de fer nickelé des météorites; leur proportion est faible et leur volume très ténu; on reconnaît aisément qu'ils sont nickelifères. Taillée en lame mince, la roche montre au microscope sa structure très finement clastique; elle consiste en petits grains cristallins juxtaposés et réunis par une certaine quantité de matière vitreuse et, dans cette masse générale très active sur la lumière polarisée, se détachent des aiguilles fragmentées parfois longues et présentant des clivages rectilignes remarquablement longs. La masse a les propriétés caractérisques du péridot olivine, mais on reconnaît facilement un mélange de grains pyroxéniques ayant même quelquefois des contours cristallographiques sur quelques parties. Les chondres y sont extrêmement rares. La densité prise à 16° a été trouvée égale à 3,500. La composition chimique est représentée par les chiffres suivants :

Silice	36,60
Magnésie	24,14
Chaux	Traces
Potasse	1,64
Soude	1,70
Alumine	8,00
Sesquioxyde de fer	2,90
Protoxyde de fer	21,60
Oxyde de nickel	1,20
	97,78

D'après les comparaisons auxquelles nous nous sommes livré, il nous paraît qu'il s'agit d'une pierre du type *lucéite* qui a été fortement altérée, de sorte qu'une partie de son fer s'est oxydée et que toute la masse a été colorée par des incrustements ocreux.

II. L'autre météorite est plus ancienne encore, étant tombée le 4 juillet 1890 (il y a maintenant 22 ans) à Saint-Germain-du-Puel, près Vitré (Ille-et-Vilaine). Ce jour-là, en plein jour, car il était $3^h \frac{1}{2}$ de l'après-midi, on entendit une forte détonation et un témoin crut qu'un jeune chêne peu éloigné venait d'être frappé par la foudre. Il alla voir au pied de l'arbre et trouva une pierre enfoncée dans le sol et brûlante. Cette pierre, qui pèse 2^{kg},742, présente sur presque toute sa surface la croûte noire caractéristique des pierres tombées du ciel, mais elle est traversée par une cassure non recouverte de cette écorce et qui, par conséquent, a dû se faire au moment du choc sur l'arbre. En effet, en recherchant dans les régions voisines, on retrouva le morceau détaché, du poids de 1^{kg},174, qui se raccorde exactement, mais qui était tombé à 3^{km} de distance. Ce grand écartement des deux morceaux de la pierre doit faire penser que la vitesse dont elle était animée était énorme. Du reste une autre particularité témoigne dans le même sens. En effet les deux morceaux rapportés forment une plaque de 30^{cm} de longueur et de 15^{cm} de largeur, sur seulement 5^{cm} d'épaisseur, et l'on constate qu'elle a traversé l'atmosphère en lui opposant la résistance maxima, c'est-à-dire en s'avançant sa grande largeur en travers et non pas de champ. Ce qui permet de l'affirmer, c'est la disposition des sillons laissés sur la croûte par le ruissellement de l'air et le bourrelet de vernis accumulé sur le bord de la large surface. Nous avons conservé le moulage de ces curieux spécimens.

Le Muséum ne possède jusqu'ici qu'une esquille de cette pierre, trop petite pour permettre une analyse, mais l'examen microscopique d'une lame mince montre qu'on a affaire à une *Montrésite*, d'ailleurs très riche en chondres d'eustatite, disséminés dans une masse composée de péridot, de pyroxène et de granules de fer nickelé.

GÉOLOGIE. — *Sur le Permien et le Trias du Daralagöz.* Note de M. **Pierre Bonnet**, présentée par M. H. Douvillé.

J'ai signalé l'année dernière [1] l'existence dans le centre du Daralagöz (Soubous-dagh) de calcaires à *Pseudomonotis* et Meekocératidés, appartenant au Werfénien supérieur. Ces couches étaient séparées du Carboni-

[1] P. et N. Bonnet, *Sur l'existence du Trias et du Mésojurassique dans le massif de Kazan-Iaïla* (Transcaucasie méridionale) (*Comptes rendus*, 6 mars 1911).

fère à Fusulinelles par des calcaires sans fossiles que j'ai considérés comme représentant le Permien et le Werfénien inférieur. J'ai pu trouver cette année non loin de là, dans la haute vallée du Djagri-tchaï, les représentants fossilifères de ces deux termes.

La coupe que j'ai relevée présente la série concordante suivante :

1. Calcaire noir carbonifère à Fusulinelles, surmonté de quelques mètres de calcaire semblable sans fossiles, avec intercalations bitumineuses.

2. Série permienne comprenant :

a. 5^{m} à 6^{m} de calcaires compacts gris foncé qui renferment *Nautilus cornutus* Golov., *N. parallelus* Ab., *Orthoceras transversum*, Ab., *Lyttonia* sp., *Productus Abichi* Waag., P. cf. *subcostatus* Waag., *Reticularia Waageni* Lócsy, *R. indica* Waag., *Spirigera protea* Ab., *Orthothetes armeniacus* Arth., *Michelinia Abichi* Waag. et quelques autres Polypiers; et, à la partie supérieure, *Otoceras trochoïdes* Ab. et *Hungarites Raddei* Arth.

b. 2^{m} de calcaires rouges pétris d'articles de Crinoïdes, avec des Polypiers, des Rhynchonelles et la plupart des Brachiopodes des couches précédentes.

c. 50^{cm} de calcaires rougeâtres renfermant une grande quantité d'*Otoceras*, spécialement *O. tropitum* Ab. et *O. trochoïdes*, *Goniatites Abichianus* Möll. et quelques *Productus*.

3. Série werfénienne comprenant :

a. 3^{m} de calcaires rouges, où j'ai distingué, à la partie inférieure, un niveau d'un mètre environ d'épaisseur caractérisé par de nombreux *Xenodiscus radians* Stoyanov *non* Waag., avec *X. Mojsisovicsi* Stoy., *Paratirolites Kittli* Stoy., et persistance de *Goniatites Abichianus;* à la partie supérieure, un niveau, épais d'environ 2^{m}, à *Stephanites? Waageni* Stoy., et *Paratirolites* cf. *Dieneri* Stoy.

b. Une vingtaine de mètres de calcaires gris plissotés se débitant en plaquettes, avec des *Pseudomonotis* et des Meekocératidés. Un conglomérat crétacé supérieur les recouvre en discordance.

Cette succession est très semblable, par les fossiles qu'elle renferme et le faciès qu'elle présente, à celle de la gorge de l'Araxe, près de Djoulfa, avec une épaisseur générale moindre. La limite entre le Paléozoïque et le Secondaire est ici plus précise qu'à Djoulfa, où le Permien et le Trias sont séparés par des couches dans lesquelles je n'ai pas trouvé de fossiles : elle se place exactement entre les couches à *Otoceras* et les calcaires rouges à *Xenodiscus* par lesquels débute le Werfénien.

L'analogie avec les formations de la gorge de Djoulfa se poursuit également dans les termes supérieurs de la série triasique : je les ai observés, en

particulier, dans la partie méridionale du Kazan-Iaïla, entre les villages de Karabagliar et Aznaburt. Ce sont les mêmes calcaires en plaquettes couvertes de moules internes de Lamellibranches et de Gastéropodes, suivis des mêmes puissantes masses de dolomies caverneuses sans fossiles. L'ensemble est également compris entre le Werfénien supérieur à *Pseudomonotis* et la base du Bajocien; toute cette suite est concordante et n'est interrompue, comme près de Djoulfa, que par une masse de basalte très altéré, interstratifiée entre les dolomies et le Bajocien.

Mais, ici encore, étant donné l'absence de tout élément paléontologique, la position stratigraphique de ces formations est le seul argument qui milite en faveur de leur attribution respective au Trias moyen et au Trias supérieur.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des formations cristallines de l'Attique.* Note de M. **Ph. Négris**, présentée par M. H. Douvillé.

Dans une Note précédente (du 9 octobre 1911), j'ai montré que les couches de l'Attique, rapportées par M. Lepsius avec doute au Crétacé inférieur, et désignées par la lettre C_1 dans sa Carte géologique de l'Attique, appartiennent, comme l'a présumé M. C. Renz, au Trias supérieur, parce qu'elles contiennent des Polypiers semblables à ceux du sommet du Parnasse, aussi bien dans la région de l'Hymette qu'au Laurium. Depuis la découverte de Gyroporelles, soit au Laurium, à Plaka et au Trou de Kitso près Kamareza, soit au mont Hymette à Guri Korakut, et au sud-est de Zoodochos Pigi, a confirmé cette détermination : dans ce dernier endroit même on reconnaît, à la loupe, dans les tubes cylindriques fragmentés, les polygones hexagonaux, caractéristiques de la *Gyroporella vesiculifera Gümbeli*. Cela n'exclut pas cependant la présence de lambeaux isolés de Crétacé, confondus jusqu'à présent sous la rubrique C_1 : comme, par exemple, au sommet de la colline Fuchsberg (299,3), au-dessus de Zoodochos Pigi, où des calcaires en plaquettes rouges avec plongement au Nord-Est contrastent avec l'allure des couches C_1 des alentours, plongeant au Nord-Ouest.

Profitant de la présence de M. Ch. Depéret à Athènes, j'ai visité avec lui les couches triasiques (C_1) de Zoodochos Pigi et leur soubassement cristallin, composé de marbres et de schistes cristallins. M. Depéret fut frappé de la ressemblance de ces derniers avec les schistes lustrés des

Alpes et émit l'opinion qu'ils pourraient bien être triasiques, contrairement à leur attribution, par M. Lepsius, aux formations archéennes. Encouragé par l'opinion de mon éminent confrère, je fis de patientes recherches qui ont pleinement confirmé cette opinion, et qui assignent à la série cristalline de l'Attique un âge triasique, comme d'ailleurs M. Lepsius lui-même avait été porté à l'admettre avant de la considérer comme archéenne (*Géologie de l'Attique*, p. 17).

D'après M. Lepsius, la série cristalline se compose, de bas en haut, approximativement, de :

100^m de schistes calcaires micacés (Ks),
200 de dolomie (Kd),
500 de marbre inférieur (MU),
250 de schistes micacés (gl),
250 de marbre supérieur (MO).

Cette série est une série concordante, recouverte, en discordance, par 100^m de schistes calcaires (C_1).

C'est cette dernière formation (C_1) que j'ai rapportée plus haut au Trias supérieur.

Or j'ai recueilli contre les rives de l'Eridanos, affluent de l'Ilissus, au-dessous d'Agios Marcos, un peu en aval du premier affleurement de marbre sup. (MO), un galet provenant sans aucun doute de cette formation avec *Thecosmilia* sp. Je trouvai d'ailleurs des Gyroporelles dans le marbre supérieur en place à l'est de Zoodochos Pigi et également dans des bancs calcaires intercalés dans les schistes micacés, à Zoodochos Pigi et à Kaessariani. Enfin en remontant le versant de l'Hymette au delà de Kaessariani, je retrouvai dans les éboulis du marbre inférieur (MU) un fragment provenant de cette formation avec des sections de Gyroporelles très semblables aux sections de la *Gyroporella porosa* observée par M. Carl Renz, à Tatoï, et un autre fragment avec Polypiers (probablement *Isastræa Gümbeli*). D'ailleurs le marbre inférieur (MU) est séparé de la dolomie (Kd) par une brèche calcaire, à ciment calcaire, généralement rouge, fort semblable à la brèche rouge qu'on rencontre en Grèce partout au-dessous du calcaire mésotriasique à *Gyroporella porosa*, et qui correspond, sans doute, au calcaire rouge à *Ceratites trinodosus* de l'Argolide. Ainsi donc, tandis que le calcaire C_1 de Lepsius répond au Trias supérieur, les formations cristallines (MO), (gl), (MU), répondraient au Trias moyen. Le Trias inférieur serait ainsi représenté par la dolomie (dK) et les schistes calcaires micacés (Ks). Ce Trias, tel qu'il vient d'être décrit, occupe la côte Est de l'Attique, depuis le Laurium

jusqu'à Grammatico, avec cette particularité que le Trias supérieur C_1 est discordant sur le terrain cristallin et manque souvent comme au Sunium : quelquefois le marbre supérieur (MO) manque avec lui, comme aux monts Rimbari au Laurium, ainsi que cela ressort de la Carte géologique de l'Attique de Lepsius. Il faut donc admettre qu'il y eut, en Grèce, entre le Trias moyen et le Trias supérieur des mouvements de terrain importants; ces mouvements ont été accompagnés d'épanchements considérables de roches vertes, qu'on retrouve aujourd'hui serpentinisées, à chaque pas, sous le calcaire C_1 le long de l'Hymette. Ces mouvements sont confirmés par un conglomérat triasique important, intercalé à l'Acrocorinthe dans la formation triasique sous le calcaire coralligène du sommet, assimilable au Trias supérieur du Parnasse. Ces mêmes conglomérats se retrouvent au mont Oneion, à l'est de l'Acrocorinthe, sous le calcaire triasique du sommet. Cela explique aussi pourquoi dans l'Attique, à l'ouest de la ligne Hymette-Pentélique-Grammatico, on ne rencontre plus de Trias supérieur, mais seulement le Trias moyen avec Gyroporelles, et le Trias inférieur avec schistes calcaires, comme cela ressort des travaux de M. Carl Renz sur le Parnès.

Quant à la plus grande cristallinité des formations du Trias moyen à l'Est, il faut l'attribuer, sans doute, à un métamorphisme de contact, dû à l'épanchement des roches vertes, qui a accompagné les mouvements de l'écorce principalement dans cette région.

Ainsi donc, les plis hercyniens se seraient attardés en Grèce au delà de l'époque paléozoïque. A ces mouvements triasiques se rattachent deux directions de plissement normales entre elles, NE et NO, reconnues par M. Lepsius dans le terrain cristallin de l'Attique. Ces deux directions se retrouvent dans les directions des griffons de Camareza au Laurium, qui se sont formés probablement postérieurement sur l'emplacement de diaclases préexistant depuis l'époque triasique.

Rappelons pour terminer que M. L. Cayeux avait déjà entrevu l'âge triasique des terrains cristallins de l'Attique dans une Note à l'Académie du 12 mai 1902 (*Sur la composition et l'âge des terrains métamorphiques de la Crète*).

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Influence de l'éclipse de Soleil du 17 avril 1912 sur la propagation des oscillations électriques.* Note de MM. **A. Boutaric** et **G. Meslin**, présentée par M. E. Bouty.

La mesure de l'intensité des ondes hertziennes émises par la tour Eiffel a été faite, au poste de réception de la Faculté des Sciences de Montpellier, par la méthode du téléphone shunté :

L'appareil récepteur est le modèle courant de Ducretet à détecteur électrolytique. Les signaux sont perçus au son, à l'aide de deux téléphones placés aux bornes, en série sur le circuit de la pile et du détecteur, mais en dérivation l'un par rapport à l'autre; leurs résistances sont respectivement de 500^{ω} et de 4000^{ω}. Deux opérateurs peuvent percevoir simultanément les signaux, l'un avec le téléphone de 500^{ω}, l'autre avec celui de 4000^{ω}. Aux bornes des téléphones on intercale une troisième dérivation dont la résistance, d'abord très grande, peut décroître jusqu'à produire l'extinction successivement dans les deux téléphones. Plus le son est intense et plus est faible la résistance à introduire pour atteindre l'extinction.

L'intensité du courant qui traverse l'un quelconque des téléphones, quand on supprime la dérivation, dépend de l'intensité des ondes reçues et peut leur servir de mesure. Dans cette hypothèse, un calcul simple permet d'exprimer cette valeur relative de l'intensité des ondes reçues en fonction de la résistance qui produit l'extinction.

En dehors de toute hypothèse, on peut dire que l'intensité des ondes reçues sera la même, la sensibilité de l'appareil demeurant constante, quand la résistance d'extinction aura la même valeur; si cette résistance diminue, c'est que l'intensité des ondes augmente.

Les émissions d'essai faites à plusieurs reprises par la tour Eiffel, les 4, 11, 18, 25 mars, le 1er et le 4 avril, grâce à l'extrême amabilité de M. le commandant Ferrié, nous ont permis de vérifier que notre appareil gardait une sensibilité constante. D'autre part, les mesures faites séparément par chacun de nous, avec les deux téléphones, ont toujours donné des résultats du même ordre et qui, pour les séries préliminaires d'essai, ont été sensiblement d'accord avec les mesures faites dans d'autres postes de réception par des méthodes différentes. Enfin les intensités que nous avons mesurées dans ces séries d'essai se sont trouvées proportionnelles aux intensités du courant dans l'antenne de la tour, ainsi qu'il résulte des nombres qu'a bien voulu nous communiquer M. le commandant Ferrié.

Voici, résumées dans un Tableau, les valeurs de la résistance produisant l'extinction dans le téléphone de 500^{ω}, aux diverses heures, le 17 juin.

Dans la troisième colonne, nous indiquons les valeurs relatives de l'intensité des ondes exprimées en fonction de la résistance, suivant le mode de calcul dont nous indiquons plus haut le principe.

Heures.	Résistance d'extinction.	Intensité relative des ondes.
8h40m	50	9,9
10.40	70	7,3
11.30	90	5,9
12.10	120	4,7
12.20	90	5,9
12.40	70	7,3
13.30	60	8,2
13.45	60	8,2
14.00	80	6,5
14.40	80	6,5

De ces mesures il résulte tout d'abord que l'intensité des ondes reçues à Montpellier a augmenté pendant la deuxième partie de l'éclipse, entre $12^h 15^m$ et $13^h 45^m$; le maximum d'intensité à la réception s'est produit environ 1 heure 30 minutes après le maximum de phase de l'éclipse (qui avait lieu à $12^h 10^m$). Avec notre mode d'évaluation, l'intensité a passé de la valeur 4,7 (à $12^h 10^m$) à la valeur 8,2 (à $13^h 45^m$); dans le même mode d'évaluation, pendant les séries d'essai du 25 mars, l'intensité étant 4,5 à $15^h 30^m$ a atteint la valeur 11 à $22^h 30^m$. On peut se rendre compte ainsi de l'ordre de grandeur de l'amélioration produite par l'éclipse, comparée à celle qui se produit en temps ordinaire entre le jour et la nuit.

SISMOLOGIE. — *Sur l'influence sismogénique des mouvements épirogéniques.* Note [1] de M. de Montessus de Ballore, présentée par M. Barrois.

Dans un Ouvrage récent nous avons attiré l'attention sur ce fait qu'on n'ait pas encore cherché à mettre en évidence si les déformations à grand rayon de courbure de l'écorce terrestre, c'est-à-dire les mouvements épirogéniques, sont ou non en relation avec les mouvements sismiques actuels. C'est qu'en effet la théorie tectonique des tremblements de terre ne peut prétendre à un rôle sismogénique exclusif, quoiqu'on ait pu défini-

[1] Présentée dans la séance du 10 juin 1912.

tivement éliminer les phénomènes volcaniques et ceux d'effondrements par dissolution comme causes de séismes importants et on lui a fait, à juste titre, cette objection que d'innombrables secousses d'intensité modérée et un certain nombre de tremblements de terre destructeurs ne s'accompagnent pas d'effets mesurables de dislocations ou de rejets de failles, préexistantes ou non. Cette difficulté serait levée, au moins en apparence, s'il était démontré que, *d'après les faits d'observation contemporaine, les failles d'une époque donnée ne paraissent pas traverser les sédiments superficiels de cette même époque* (1). Or il s'agit là d'une affirmation sur l'exactitude ou surtout sur la généralité de laquelle on ne saurait compter, son auteur ne l'appuyant sur aucun ensemble de faits précis.

Est-il possible de rencontrer un certain nombre de régions au moins pénésismiques qui aient été le siège de mouvements épirogéniques assez récents pour qu'on puisse attribuer à ceux-ci une sorte de survivance sous forme de tremblements de terre? Il semble bien qu'il en soit ainsi pour le pourtour méridional des boucliers scandinave et canadien, surtout depuis les travaux de Ussing (2) sur les tremblements de terre du Jutland et de l'archipel danois, et ceux de Hobbs (3) sur ceux du Michigan. Ces régions ont en effet été, pendant l'époque glaciaire et à plusieurs reprises, le siège de mouvements épirogéniques intenses; elles sont encore, surtout la seconde, le théâtre de séismes de quelque importance ; en particulier, nous aurions ainsi la clef des secousses assez fréquentes d'Hernösand, que des dislocations locales ne justifient qu'insuffisamment.

Ces deux exemples ne suffiraient pas à établir la suggestion dont il s'agit sur des bases solides, si l'on ne pouvait y en ajouter d'autres, mais qui se rapportent à des mouvements épirogéniques plus anciens, ceux de l'époque néogène. Or on peut citer, dans cet ordre d'idées, le bord méridional du massif bohémien, la dépression du massif armoricain, entre Dol et Dinan, le nord de Madagascar, les Nouvelles Hébrides, la dépression du bord des Sudètes vers la haute Silésie, la Caspienne entre le Caucase et le petit Balkhan, toutes régions pénésismiques, la force de l'argument en faveur d'une coïncidence non fortuite résidant surtout en ceci, que cette liste

---

(1) Stanislas Meunier, *Sur l'efficacité orogénique des tremblements de terre* (*Bull. Mus. Hist. nat.*, 1911, n° 3, p. 191).

(2) Dänemark, *Handb. d. reg. geol.*, I Abth. 2, 1910, 3.

(3) *The late glacial and postglacial uplift of the Michigan Basin. Earthquakes in Michigan* (*Mich. geol. a. biol. Survey*. Pub. 5, sér. 3, 1911).

comprend la totalité des régions à mouvements épirogéniques de l'époque néogène, telle que l'a donnée Haug, dans son Traité de Géologie.

On peut donc admettre provisoirement que les mouvements épirogéniques, de la fin de l'époque tertiaire et de l'époque quartenaire, se survivent sous forme de tremblements de terre modérés à l'époque actuelle. Il paraît y avoir relation de cause à effet entre les deux ordres de phénomènes.

GÉOLOGIE. — *Sur la succession des horizons du Trias inférieur et moyen dans le Nord-Annam.* Note de M. **J. Deprat**, présentée par M. H. Douvillé.

Nos connaissances sur le Trias s'étant notablement accrues depuis quelque temps, il nous paraît utile d'indiquer, dès à présent, comment se présente dans le Nord-Annam la succession des principaux horizons.

Généralité de la discordance des terrains triasiques. — J'ai pu constater, en de nombreux points très distants les uns des autres, la constance avec laquelle le Trias inférieur se montre discordant sur les horizons paléozoïques et sur des horizons très différents. Au sud de Vinh, de nombreuses coupes, relevées dans des régions très peu pourvues de végétation, ne laissent place à aucune interprétation douteuse. On y voit le Trias inférieur, débutant par une puissante série de poudingues, reposer tantôt directement sur le Granite, tantôt sur l'Ouralien calcaire à Fusulines, tantôt sur le Permien plissés en synclinal. Deux belles coupes qu'on peut relever entre Minh-Cam et Badon montrent :

Base du Trias inférieur :

Arkose et grès grossiers à débris de plantes (épaisseur supérieure à 600^m).
Poudingues à galets calcaires ouraliens et permiens à Fusulines.

Permien moyen :

Schites marneux sans fossiles.
Calcaire à *Doliolina lepida* Schwag.

Les arkoses, grès et quartzites du Trias inférieur, s'étendent largement sur toute la région de Badon, dans le bassin de la rivière de Troc où ils atteignent une puissance énorme.

Sur la feuille de Ha-tinh, le Trias inférieur bien développé entre Ky-Anh et Tram-Voi, est directement transgressif, soit sur le granite, soit sur les

schistes cristallins qui forment le prolongement nord-ouest du massif de la Porte d'Annam. Au sud-ouest de Quant-Ich, en allant de la route au Loi-Tien, on observe la coupe suivante :

Trias inférieur :

Schistes jaunes à débris de *Myophories*.

Schistes roses ou jaunes, fins, pulvérulents, identiques aux schistes similaires à *Danubites* du Tonkin (Lang-Son).

Schistes gréseux rouges.

Grès et poudingues puissants à éléments granitiques.

Micaschiste.

A l'ouest de Tuan-Thuong, les poudingues et les arkoses reposent sur les granites au Lac-Son. Près de Ben-thuy, au Nui-nga-ma, les poudingues épais à gros éléments reposent, tantôt sur des schiste s cristallins anciens, tantôt sur le granite porphyroïde, tantôt sur les quartzites ordoviciens à *Trinucleus ornatus*.

Le contact du poudingue et des terrains qui forment le substratum, est très irrégulier.

Les exemples précédents nous montrent clairement le Trias inférieur gréseux, transgressif et discordant sur les terrains paléozoïques, antérieurement plissés, puis rabotés par une érosion antétriassique.

Succession stratigraphique entre Vinh et Thanh-Hoa. — Au nord de Vinh, la série des poudingues, arkoses et schistes jaunes, atteint une puissance énorme entre Do-Cam et My-Ly ; elle est très plissée et ses relations avec d'autres terrains ne sont pas visibles, étant masquées sous les plaines alluvionnaires.

Au contraire, dans la région de Khoa-Truong, le Trias inférieur et le Trias moyen offrent de belles coupes avec d'importants gisements fossilifères du Trias moyen, comme l'horizon à Gastropodes de Quán-Moc et l'horizon ammonitifère de Quán-Son, ce dernier découvert par M. Lantenois.

Entre Hoang-Mai et le massif du Nui-Suoc, on peut relever la coupe suivante qui est particulièrement nette :

Rhétien.

15 Grès rhétiens transgressifs.

Trias moyen.

		m
14	Calcaire à Ammonites (horizon de Quan-Son) plissé en synclinal.	80
13	Calcaire gris à Gastropodes du Quan-Moc	60
12	Calcaire à rognons siliceux et à quartzites rubanés intercalés en bancs bien lités, de plus en plus nombreux à la base	30
11	Quartzites rubanés	80

Trias inférieur.

10	Tuf de diabase	10
9	Arkoses	5
8	Quartzite	7
7	Banc de calcaire à rognons de silex	5
6	Quartzite	8
5	Banc calcaire à rognons de silex	5
4	Quartzites rubanés	20
3	Schistes jaunes	150
2	Arkoses, grès et quartzites en série épaisse	250
1	Poudingues	40

La coupe se complète à Quán-Son à l'Ouest de Khoa-Truong où M. Lantenois a observé, au-dessus du calcaire à Ammonites de Quán-Son, une série de schistes gréseux chamois. Il a recueilli une belle faune dans chacun de ces horizons.

Le calcaire à Gastropodes de Quán-Moc contient une faune nombreuse actuellement à l'étude, dont les éléments rappellent comme faciès le Trias himalayen : ce sont des *Worthenia* n.sp., *Cœlostylina* n.sp., *Loxonema* n.sp., de grandes *Chemnitzia* (*Omphaloptycha*) n.sp., *Promathildia* sp., *Spiriferina* (*Mentselia*) n.sp., etc.

Dans le calcaire de Quán-Son à l'ouest de Khoa-Truong, M. Lantenois a recueilli *Dinarites* n.sp.; *Cuccoceras* (3 espèces).; *C. Yoga* Diener; *Ceratites* (2 espèces); *Meekoceras* sp.; *Ptychites* n. sp.; *Balatonites* n. sp.; *Orthoceras* cf. *campanile* Bittner, *Rhynchonella* (*Norella*) *Kingi* Bittner, *Rh.* (*Norella*) n.sp.;

Dans les schistes gréseux supérieurs au calcaire de Quán-Son il a trouvé *Ceratites* n.sp.; *Gervilleia* sp.; *Posidonomya* sp. (¹).

Les horizons fossilifères que nous venons d'indiquer ne sont certainement pas les seuls qui existent dans toute cette série et nous comptons, dans la suite, en préciser un nombre plus considérable.

---

(1) Ces déterminations sont dues à M. Mansuy qui étudie actuellement ces faunes d'une façon approfondie.

M. A. Turpain, à propos de la Note de M. *Flajolet*, relative à l'annonce des orages, parue dans les *Comptes rendus* du 11 mars 1912, adresse la liste de ses propres publications sur ce sujet, de 1902 à 1912, et rappelle les noms de divers savants étrangers, qui se sont occupés de la même question.

A 4 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures et demie.

G. D.

ERRATA.

—

(Séance du 28 mai 1912.)

Note de M. *A. Blondel*, Sur les oscillations des alternateurs accouplés :

Page 1417, *au lieu de*

$$E = \overline{OK} + \omega \quad (L_d L_t) I \sin\psi,$$

lire

$$E = OK + \omega \quad (L_d - L_t) I \sin\psi.$$

Page 1418, ligne 6 en remontant, dans la formule (5) sous le grand radical, *au lieu de*

$$- I^2 \cos^2\psi\,\omega(l_t - l_d)\, EI \sin\psi.$$

lire

$$- I^2 \cos^2\psi\,\omega(l_t - l_d) - EI \sin\psi.$$

(Séance du 10 juin 1912.)

Note de MM. *Guye*, *Kovacs* et *Wourtzel*, Poids du litre normal d'air atmosphérique à Genève :

Page 1585, lignes 21 et 25, *au lieu de* $0^g,02$ et $0^g,09$, *lire* 0,02 et 0,09.

Page 1586, ligne 11, *au lieu de* nos résultats très intéressants, ainsi qu'une confirmation de plus des faits signalés par M. Morley, *lire* nos résultats, ainsi qu'une confirmation de plus des faits très intéressants signalés par M. Morley.